Die Sanierung des Mehrfamiliengebäudes „Kollwitzstraße“

Abbildung 1: Das Mehrfamiliengebäude „Kollwitzstraße“ nach der Sanierung, Südansicht

Vorwort

Das Lehr- und Lernmaterial „Die Sanierung des Mehrfamiliengebäudes ‚Kollwitzstraße'" basiert auf einem authentischen Fallbeispiel. Der Gebäudekomplex steht in Nürnberg (D), die Sanierung wurde vom Architekten Dr. Burkhard Schulze Darup geplant und umgesetzt. Zu diesem Gebäudekomplex gibt es eine ausgezeichnete Dokumentation der Planungsphase und der umfassenden energetischen Maßnahmen im Rahmen der Modernisierung. Studierende erhalten so die Möglichkeit, interdisziplinär und entlang des konkreten Baugeschehens zu arbeiten.

Die Entwicklung offener Lehrunterlagen (*open educational resources*) steht so gut wie immer vor der Herausforderung, zum einen fachlich geeignete, zum anderen aber auch frei zugängliche Inhalte wie Pläne, Daten und Bilder für Lehrzwecke zur Verfügung gestellt zu bekommen. In diesem Fall gelang beides. Unser besonderer Dank gilt daher jenen Personen, die dies ermöglicht haben:

Herrn Dr. Burkhard Schulze Darup, der auch Autor dieses Textes ist, sowie wbg Nürnberg GmbH als Bauherr.

Nicht zuletzt möchten wir uns bei allen ExpertInnen, Lehrenden und SchülerInnen bedanken, die mit zahlreichen Gesprächen und Anregungen in der Erprobungsphase der Lernmaterialien zum Gelingen dieses Projektes beigetragen haben.

Dr. Katharina Zwiauer

für das Projektteam

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 5
2. Das Sanierungsobjekt „Kollwitzstraße“ 6
3. Wie wurde die Sanierung in der „Kollwitzstraße“ geplant? 9
   3.1 Bestandsaufnahme und Gebäudeanalyse 9
   3.2 Integrale Planung 10
   3.3 Entwicklung des Baukonzeptes 12
      3.3.1 Bauherrenwünsche 12
      3.3.2 Architektonische Umsetzung der Bauherrenwünsche 12
   3.4 Erstellen der Energiebilanz nach OIB und PHPP 14
      3.4.1 Bilanzierung von Gewinnen und Verlusten 17
      3.4.2 Bilanzierung von Wärmebrücken 22
      3.4.3 Bilanzierung des Energiebedarfs für Heizen, Warmwasser und Strom 25
      3.4.4 Energiebilanz nach OIB und PHPP 25
      3.4.5 Primärenergiebedarf und CO_2-Emissionen 27
4. Wie wurde die Gebäudehülle im Zuge der Sanierung ausgeführt? 30
   4.1 Außenwand 31
      4.1.1 Bestandssituation vor der Sanierung 31
      4.1.2 Sanierung der Außenwand mit einem Wärmedämmverbundsystem 32
      4.1.3 Errichtung von Vorbauten 33
      4.1.4 Aufstockung mit neuen Außenwänden im Dachgeschoß 34
   4.2 Dach / Oberste Geschoßdecke 37
      4.2.1 Bestandssituation vor der Sanierung 37
      4.2.2 Errichten einer Dachgeschoßaufstockung in Passivhaus-Qualität 38
   4.3 Kellerdecke 40
      4.3.1 Bestandssituation vor der Sanierung 40
      4.3.2 Sanierung mit Dämmung unterhalb und oberhalb der Kellerdecke 41
   4.4 Fenster 43
      4.4.1 Bestandssituation 44
      4.4.2 Neue Fenster im Bereich der Bestandsgeschoße 44
      4.4.3 Neue Fenster im Bereich des Dachgeschoßes 45
      4.4.4 Energetische Beurteilung 45
      4.4.5 Verschattung zum sommerlichen Wärmeschutz 45
5. Wie wurde die Luft- und Winddichtheit gewährleistet? 46
   5.1 Dichtheitskonzept 47

5.2 Außenwand – Mauerwerk und Betonbauteile 47
5.3 Außenwand – Holzbau- und Leichtbaukonstruktionen 48
5.4 Dachkonstruktion 48
5.5 Bodenplatte / Kellerdecke 48
5.6 Fenster und Außentüren 48
5.7 Gebäudetechnik – Sanitär-, Lüftungs- und Heizungsinstallation 49
5.8 Gebäudetechnik – Elektroinstallation 49
6. Wie wurde die Gebäudetechnik ausgeführt? 50
6.1 Lüftung 50
6.1.1 Lüftungszentralen 51
6.1.2 Auslegung der Lüftungsanlage nach ÖNORM H6038 (2014) 51
6.1.3 Wie wäre der Planungsablauf in der „Kollwitzstraße“ nach ÖNORM H6038 verlaufen? 52
6.1.4 Verteilleitungen und Brandschutzkonzept 55
6.1.5 Dimensionierung für Wohneinheiten in der „Kollwitzstraße“ nach ÖNORM H6038 56
6.1.6 Wohnungsverteilung 57
6.2 Wärmeversorgung – Heizung und Warmwasserversorgung 58
6.2.1 Bestandsbeschreibung der „Kollwitzstraße“ 59
6.2.2 Beschreibung des ausgeführten Heizsystems 59
7. Welche Maßnahmen wurden zur Qualitätssicherung gesetzt? 61
7.1 Überprüfung der Wärmebrückenoptimierung 61
7.2 Überprüfung der Luftdichtheit 61
7.3 Evaluierung des Heizenergieverbrauchs 63
8. Kosten und Wirtschaftlichkeit 64
9. Komfort und Nutzerverhalten im sanierten Gebäude 65
10. Zusammenfassung/Evaluierung 67
11. Abbildungsverzeichnis 68
12. Tabellenverzeichnis 71
Impressum 72

1. Einleitung

Auf Gebäude entfallen 40 Prozent des Gesamtenergieverbrauchs der Europäischen Union. Daher sind die Senkung des Energieverbrauchs und die Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen im Gebäudesektor wesentliche Maßnahmen, die zur Verringerung der Energieabhängigkeit der Union und der Treibhausgasemissionen benötigt werden.[1]

Durch die neue EU-Gebäuderichtlinie soll die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden verbessert werden. Alle Neubauten müssen ab 2020 „nearly zero-energy buildings“ auf Basis des Primärenergieeinsatzes sein. Für bestehende Gebäude gilt, dass eine umfassende Sanierung durchgeführt werden muss, wenn mehr als 25 Prozent der Gebäudehülle betroffen sind und die Sanierungskosten mehr als 25 Prozent des Gebäudewertes betragen.

In diesem Text wird für Lehr- und Lernzwecke ein Praxisbeispiel für die umfassende Sanierung eines Mehrfamilienhauses aus den 1950er- bis 1960er-Jahren dargestellt:

Dieses Beispiel ermöglicht es, den gesamten Bauverlauf von der Planung bis zur Evaluierung in seiner Gesamtheit darzustellen, sodass SchülerInnen entlang eines ganzen Baugeschehens Einzelprobleme behandeln und Lösungsvorschläge entwickeln können. Detailliert beschrieben werden immer die jeweiligen Maßnahmen, alternative Lösungen sowie Für und Wider einer Lösung.

So können die einzelnen Planungsschritte, Rahmenbedingungen und Überlegungen, die zu Entscheidungen geführt haben, und Umsetzungsschritte bis hin zur Qualitätssicherung auch von Lernenden nachvollzogen, überprüft, interpretiert oder bewertet werden.

Tipp …

Für Lernende wurde eine Sequenzierung dieser Gesamtdarstellung in Lernbausteine vorgenommen, die Einteilung richtet sich nach den einzelnen Bauteilen bzw. Bauabschnitten. Die einzelnen Lernbausteine können unter http://www.e-genius.at/team-lernbausteine/sanierung-mehrfamiliengebaeude heruntergeladen werden. Sie enthalten zusätzlich zum Lesetext Aufgabenstellungen und didaktische Vorschläge, sowohl Wissensfragen als auch lernaktivierende, zum selbständigen und eigenverantwortlichen Arbeiten animierende Aufgaben. Das Durcharbeiten des Lesetextes ist jeweils Voraussetzung für die Lösung der Aufgaben. Alle Lernbausteine sind in sich abgeschlossen, wodurch auch die Integration von Teilaspekten in unterschiedliche Lehr- und Lernsituationen ermöglicht wird.

Sämtliche Aufgaben zum Fallbeispiel können auch in einem Online-Lernpfad bearbeitet werden (http://www.e-genius.at/team-lernbausteine/sanierung-mehrfamiliengebaeude/online-lernpfad).

Zur Erleichterung der Aufgabenbewältigung stehen alle erforderlichen Grafiken, Pläne und Bilder entsprechend den Nutzungsbedingungen auf http://www.e-genius.at/team-lernbausteine/sanierung-mehrfamiliengebaeude/hilfsmittel zur freien Verfügung.

[1] Siehe Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden.

2. Das Sanierungsobjekt „Kollwitzstraße“

Das Sanierungsobjekt „Kollwitzstraße“ ist charakteristisch für eine große Zahl von Mehrfamilienhäusern aus den 1950er- bis 1960er-Jahren, die nach 40 bis über 60 Jahren Nutzungszeit eine grundlegende Modernisierung erfordern.

Abbildung 2: Bestand „Kollwitzstraße“ vor der Sanierung

Abbildung 3: „Kollwitzstraße“ nach der Sanierung

Die wesentlichen Bauteile sind zu diesem Zeitpunkt im Allgemeinen am Ende ihres Lebenszyklus angelangt. Das ist aus wohnungswirtschaftlicher Sicht genau der richtige Zeitpunkt, zugleich eine grundlegende energetische Verbesserung durchzuführen, denn die Instandsetzungsmaßnahmen müssen ohnehin durchgeführt werden.

Grundsätzliches …

… zur typischen Nutzungsdauer von Bauteilen

- Wände: 100 Jahre und mehr
- Fenster: 20–40 Jahre
- Fassade (Putz): 40 Jahre
- Dachdeckung: 50 Jahre
- Haustechnik: 20 Jahre

Nach der Nutzungsdauer ist eine Instandsetzung des jeweiligen Bauteils angebracht.

Unter Instandsetzung versteht man das Herstellen der Funktionstüchtigkeit entsprechend dem Urzustand. Will man zeitgemäße Anforderungen erreichen, dann sind zusätzlich weitergehende Maßnahmen erforderlich, z. B. verbesserter Wärmeschutz.

Bei größeren Renovierungen sind aufgrund des Nationalen Plans zur Umsetzung der EU-Gebäuderichtlinie bestimmte Energiekennwerte zu erreichen.

Natürlich fallen Mehrinvestitionen für die erhöhten energetischen Standards an, diese werden aber in der Regel finanziell gefördert und machen das Gebäude zukunftsfähig. Sie ermöglichen zudem eine langfristige Nutzung des Gebäudes, ohne dass in absehbarer Zukunft erneut energetisch saniert werden muss.

Tipp …

… der Architekt im Interview

Auf http://www.e-genius.at/fileadmin/user_upload/Interviewfrage_Baukonzept.mp3 beantwortet Dr. Burkhard Schule Darup die Frage: „Welche Faktoren waren ausschlaggebend für die Entwicklung des Baukonzepts?“

Städtebaulicher Kontext: Die Bebauung in der „Kollwitzstraße“, wo sich das Sanierungsobjekt befindet, liegt am nördlichen Rand einer umfassenden Wohnbebauung aus den 1950er- bis 1960er-Jahren im Stadterneuerungsgebiet St. Leonhard-Schweinau in Nürnberg. Elf Gebäude bilden darin ein kleines Ensemble. Sie wurden Ende der 1950er-Jahre errichtet. Von diesen elf Baukörpern sollten drei Gebäude hochwertig saniert werden. Aus städtebaulicher Sicht bedurfte die Bebauung dringend einer deutlichen Aufwertung.

Das Gebiet liegt sehr günstig in einem Entwicklungsgürtel der Nachkriegszeit mit geringem Abstand zum Stadtzentrum und wird seit 2008 durch eine U-Bahn-Anbindung aufgewertet. Die Fahrtzeit per U-Bahn zur Innenstadt beträgt etwa fünf Minuten. Die Infrastruktur in der fußläufigen Umgebung ist als gut zu bezeichnen. Geschäfte des täglichen Bedarfs sind ebenso vorhanden wie Dienstleistungseinrichtungen und ÄrztInnen.

Objektbeschreibung: Saniert werden sollten drei Gebäude mit jeweils drei Aufgängen. Die Aufgänge waren als Zweispänner ausgeführt, erschlossen also vor der Sanierung jeweils zwei Dreizimmerwohnungen pro Geschoß. Bei dreigeschoßiger Bebauung ergab das 54 gleiche Wohneinheiten.

Die Konstruktionen und die Gebäudesubstanz weisen die charakteristischen Merkmale von Gebäuden Ende der 1950er-Jahre auf: Die Außenwände bestehen aus Hochlochziegeln, die Geschoßdecken aus Stahlbeton. Der unausgebaute Dachboden war mit einem Sparrendachstuhl versehen. Die Gebäude sind voll unterkellert. Die Gebäude waren weitestgehend unsaniert, sodass eine umfassende energetische Sanierung in Angriff genommen wurde.

Bauherrenwünsche: Die hochwertige energetische Sanierung sollte mit der Verbesserung des Wohnumfelds verbunden und in ein Aufwertungskonzept für den Stadtteil eingebettet werden. Zudem wurde angestrebt, ein breiteres Mieterspektrum inklusive Familien anzusprechen.

Sanierungsziele: Die Gebäude sollten langfristig attraktiv und vermietbar bleiben. Insbesondere die Maßnahmen an der Gebäudehülle sind Investitionen für die nächsten 40 bis 50 Jahre. Deshalb mussten sich Bauherren und Planer in die Situation versetzen, wie die Anforderungen an diese Gebäude in den Jahren 2030 bis 2050 sein werden.

Grundsätzliches …

… zur Gebäudeanalyse

Bevor eine Sanierung geplant wird, muss eine Bestandsaufnahme und Gebäudeanalyse gemacht werden. Auf Basis dieser Analyse wird in Form einer integralen Planung ein Baukonzept entwickelt, das den Bauherrenwünschen entspricht. Eine Energiebilanz und ein Energiekonzept sind weitere wesentliche Bestandteile der Sanierungsplanung, damit wird der voraussichtliche Energiebedarf des Gebäudes berechnet.

Die Gebäudeanalyse wird von einem/einer fachkundigen BaumeisterIn, ArchitektIn oder PlanerIn durchgeführt, in Abstimmung mit weiteren ExpertInnen, z. B. EnergieausweiserstellerIn und EnergieberaterIn. Die Analyse bildet die Basis für eine erste Kostenschätzung und die Sanierungsplanung.

Erfahrungsgemäß senkt eine gründliche und systematische Vorbereitung letztendlich die Baukosten, insbesondere wenn im Zuge der Gebäudeanalyse bereits überprüft wird, ob die geplanten Umbaumaßnahmen durchführbar sind. Oft ist es nämlich der Fall, dass zahlreiche unbekannte Faktoren im Gebäude vorhanden sind, die dann während der Bauphase zu Problemen führen.

Eine umfassende Gebäudeanalyse benennt den richtigen Zeitpunkt und die wirtschaftlichsten Maßnahmen für eine Gebäudesanierung. Es ist wichtig, dabei eine langfristige Betrachtungsweise zu wählen. Werden die Investitions- und Bewirtschaftungskosten auf die zu erwartende Nutzungsdauer der sanierten Bauteile von 40 Jahren betrachtet, erweist sich oft eine hochwertige energetische Lösung mit Passivhaus-Komponenten als die wirtschaftlichste Variante.

3. Wie wurde die Sanierung in der „Kollwitzstraße“ geplant?

3.1 Bestandsaufnahme und Gebäudeanalyse

Abbildung 4: Ansicht Süd vor der Sanierung

Abbildung 5: Bad vor der Sanierung

Abbildung 6: Küche vor der Sanierung

Abbildung 7: Toilette vor der Sanierung

Bei der Gebäudeanalyse der „Kollwitzstraße“ wurde festgestellt, dass umfangreiche Sanierungen notwendig waren: Einerseits konnten im unsanierten Zustand moderne Wohnbedürfnisse nicht sichergestellt werden (siehe Abbildung 5 bis Abbildung 7), andererseits zeigte sich, dass viele Maßnahmen notwendig waren, um den Energiebedarf zu senken: Fenster und Wandflächen wiesen eine unzureichende Dämmung auf, außerdem hatte die Kellerdecke zum unbeheizten Keller einen hohen Sanierungsbedarf (Abbildung 8). Auch die Situation im Dachboden war energetisch unzureichend, und zwar sowohl bezüglich Oberster Geschoßdecke als auch bezüglich der Dachhaut (Abbildung 9). Weiterer Sanierungsbedarf zeigte sich im Heizungsbereich, bei der fehlenden Dämmung der Leitungen und vor allem bei den Fenstern. Aufgrund dieser Mängel war eine umfassende Sanierung unumgänglich.

Abbildung 8: Keller vor der Sanierung

Abbildung 9: Dachboden vor der Sanierung

Abbildung 10: Kellertür vor der Sanierung

3.2 Integrale Planung

Zu Beginn der Sanierungsplanung stand der Dialog mit den BauherrInnen bzw. der Eigentümergemeinschaft, um die Zielvorstellungen zu konkretisieren und zu definieren. Dabei wurden sowohl die Planungsziele möglichst konkret besprochen als auch die Art der Zusammenarbeit festgelegt inklusive der Bauherrenpflichten.

Tipp …

… der Architekt im Interview

Auf http://www.e-genius.at/fileadmin/user_upload/Interviewfrage_Integrale_Planung.mp3 beantwortet Dr. Burkhard Schule Darup die Frage: „Wie sieht die Kommunikation im integralen Planungsteam aus?“

Vertiefung …

… zur integralen Planung

Integrale Planung, auch vernetzte Planung genannt, bedeutet „Planen im Team mit möglichst breit gestreuter Fachkenntnis“. Unverzichtbar ist sie bei komplexen Bau- und Sanierungsvorhaben. Damit die Planung gelingt, muss das Team richtig und auch

angemessen zusammengesetzt werden, weil verschiedene Elemente für eine hochwertige energetische Sanierung berücksichtigt werden müssen.

Dies sind unter anderem:

- Dämmung der Gebäudehülle mit günstigen U-Werten (Außenwände, Dach, Kellerdecke/Bodenplatte)
- Einbau hocheffizienter Fenster und Türen
- Wärmebrückenoptimierung
- Luft- und Winddichtheit
- Lüftungskonzept (mit Wärmerückgewinnung)
- hocheffizientes Heizsystem (soweit möglich, mit erneuerbaren Energieträgern)
- thermisch-energetische Optimierung des Gebäudes mit architektonischen Mitteln (kompaktere Gebäudeform, z. B. mit Verglasungen; solar günstige Ausrichtung der Fensterflächen beispielsweise durch Vergrößern der Südfenster; Raumaufteilung)

Zusätzlich zu diesen energetisch relevanten Verbesserungen sollten bei der Planung auch andere Nutzungsanforderungen berücksichtigt werden, z. B. die Verbesserung von Grundrissen, das Schaffen von Fahrradabstellflächen, Freiflächen etc.

Die Zielvorstellungen (z. B. geringerer Energieverbrauch, beabsichtigte Nutzung des Gebäudes, räumliche Erweiterung), die Rahmenbedingungen (zur Verfügung stehendes Budget, Zeitplan der BauherrInnen etc.) und die erste Planungsphase haben am meisten Einfluss auf das ökologische und energetische Profil des sanierten Gebäudes.

Siehe auch: http://www.ig-lebenszyklus.at/schwerpunkte/integrale-planung.html

Für Fortgeschrittene: Integrale Planung, Leitfaden für Public Policy, Planer und Bauherrn http://publik.tuwien.ac.at/files/PubDat_219310.pdf

Die Planungsaufgabe in der „Kollwitzstraße“ war hinsichtlich ihrer Anforderungen sehr vielfältig, weil zum einen die Vorgaben des Bauherrn hinsichtlich der Gestaltung (Wohnungsmix etc., Details siehe unten) sowie der Wirtschaftlichkeit wenig Spielraum ließen und zugleich die Sanierungsziele ambitioniert waren.

Grundsätzliches …

… zur Definition der umfassenden Sanierung

In Österreich müssen bei einer umfassenden Sanierung bestimmte Mindestverbesserungen der Energiekennwerte erreicht werden. Empfohlen wird ein Gesamtkonzept, im Energieausweis sollten entsprechend abgestimmte Vorschläge enthalten sein. Meist erhält man mit einer umfassenden Sanierung mehr Fördergelder als für Einzelmaßnahmen.

Laut Art. 15a B-VG gilt die folgende Definition für eine umfassende Sanierung:

„zeitlich zusammenhängende Renovierungsarbeiten an der Gebäudehülle und/oder den haustechnischen Anlagen eines Gebäudes, soweit zumindest drei der folgenden Teile der Gebäudehülle und haustechnischen Gewerke gemeinsam erneuert oder zum überwiegenden Teil in Stand gesetzt werden: Fensterflächen, Dach oder oberste Geschoßdecke, Fassadenfläche, Kellerdecke, energetisch relevantes Haustechniksystem.“

Laut der OIB-Richtlinie 6 (2011) ist es eine „größere Renovierung“, wenn mehr als 25 % der Hüllfläche davon betroffen sind und die Kosten 25 % des Gebäudewertes überschreiten.

3.3 Entwicklung des Baukonzeptes

3.3.1 Bauherrenwünsche

Mit den sanierten Gebäuden sollte ein breiterer Wohnungsmix erreicht werden, um eine größere Zielgruppe bei der Vermietung zu erhalten und auch für Familien mit mehreren Kindern das Wohnen im Gebiet attraktiv zu gestalten. Deshalb sollten neben den Dreizimmerwohnungen mit jeweils 58,5 m^2 auch Vier- und Zweizimmerwohnungen entstehen.

Von Planerseite waren architektonisch ansprechende offene Grundrisse vorgeschlagen worden, seitens des Bauherrn wurde aber hoher Wert auf die Abstimmung mit der Vermietungsabteilung gelegt, die mit Blick auf die angestrebte Mieterklientel eher konservativ geschnittene Grundrisse mit abgeschlossenen Räumen bevorzugte. Die sehr zügige Vermietung der Wohnungen gab diesen Festlegungen Recht.

3.3.2 Architektonische Umsetzung der Bauherrenwünsche

Um den Bauherrenwünschen zu entsprechen und auch die Attraktivität der Wohnungen zu erhöhen, wurden drei grundsätzliche bauliche Maßnahmen durchgeführt:

Aufstockung der Gebäude: Im Dachgeschoß wurden pro Gebäude sechs neue Wohnungen mit Flächen zwischen 56 und 79 m^2 neu errichtet. Die Aufstockung erfolgte mit Pultdachform in vorgefertigter Holztafelbauweise.

Abbildung 11: Dachgeschoß des Gebäudes

Errichtung von Vorbauten: Durch jeweils drei Vorbauten auf der Südseite der drei Gebäude konnte eine attraktive Fassadengliederung erzielt werden. Zugleich wurde durch diese Unterteilung mehr Privatheit für die neu geplanten Loggien geschaffen.

Abbildung 12: Vorderseite mit den in Bau befindlichen Vorbauten

Abbildung 13: Vorderseite mit Vorbauten nach der Fertigstellung

Änderung der Wohnungsgrundrisse: Statt der gleichförmigen kleinen Dreizimmerwohnungen mit jeweils 58,5 m^2 Wohnfläche wurden pro Gebäude jeweils sechs Zweizimmerwohnungen (57 m^2 Wohnfläche), Drei- (72 m^2) und Vierzimmerwohnungen (87 m^2) erstellt (vgl. Abbildung 14 und Abbildung 15).

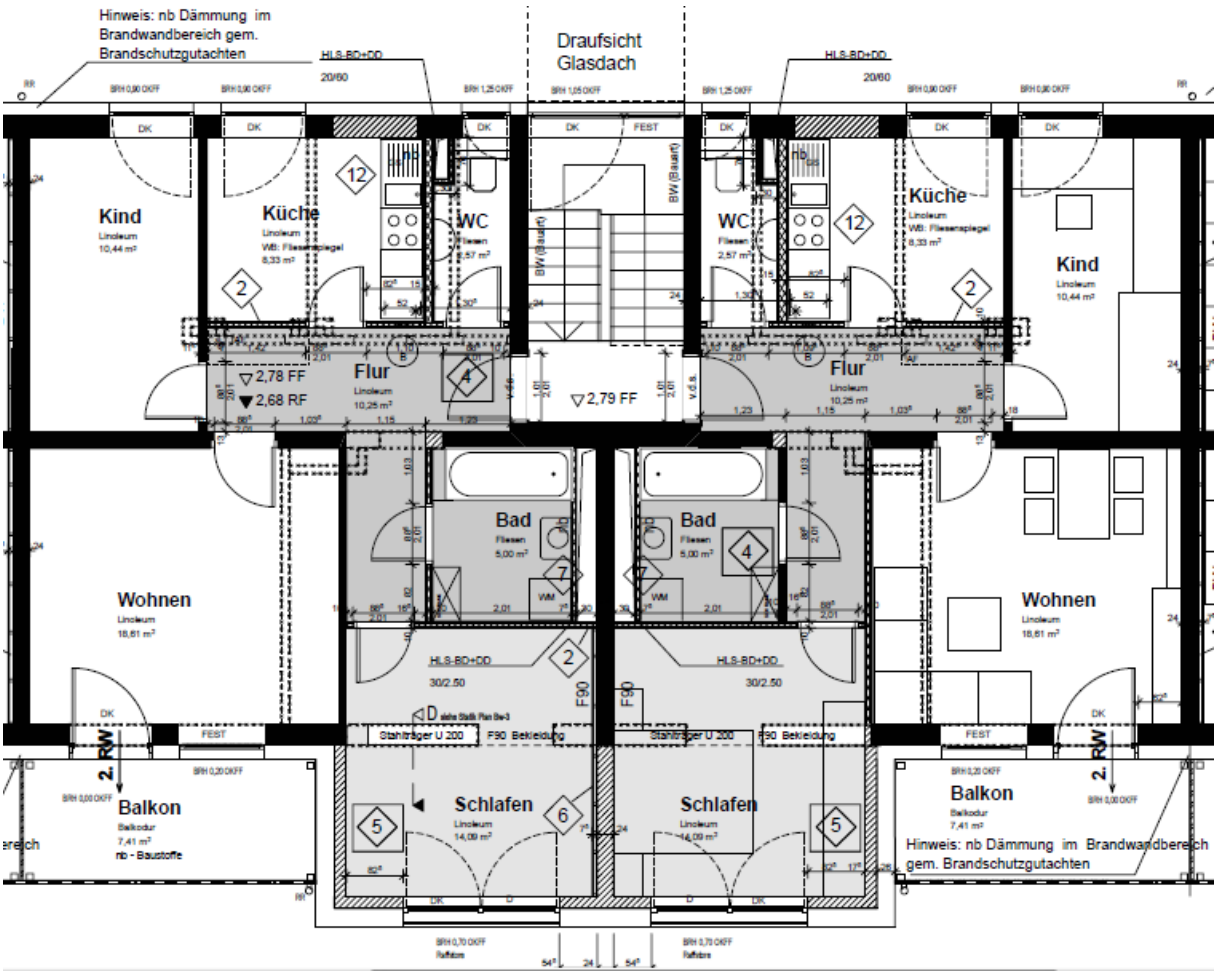


Abbildung 14: Grundriss nach der Sanierung mit zwei Dreizimmerwohnungen

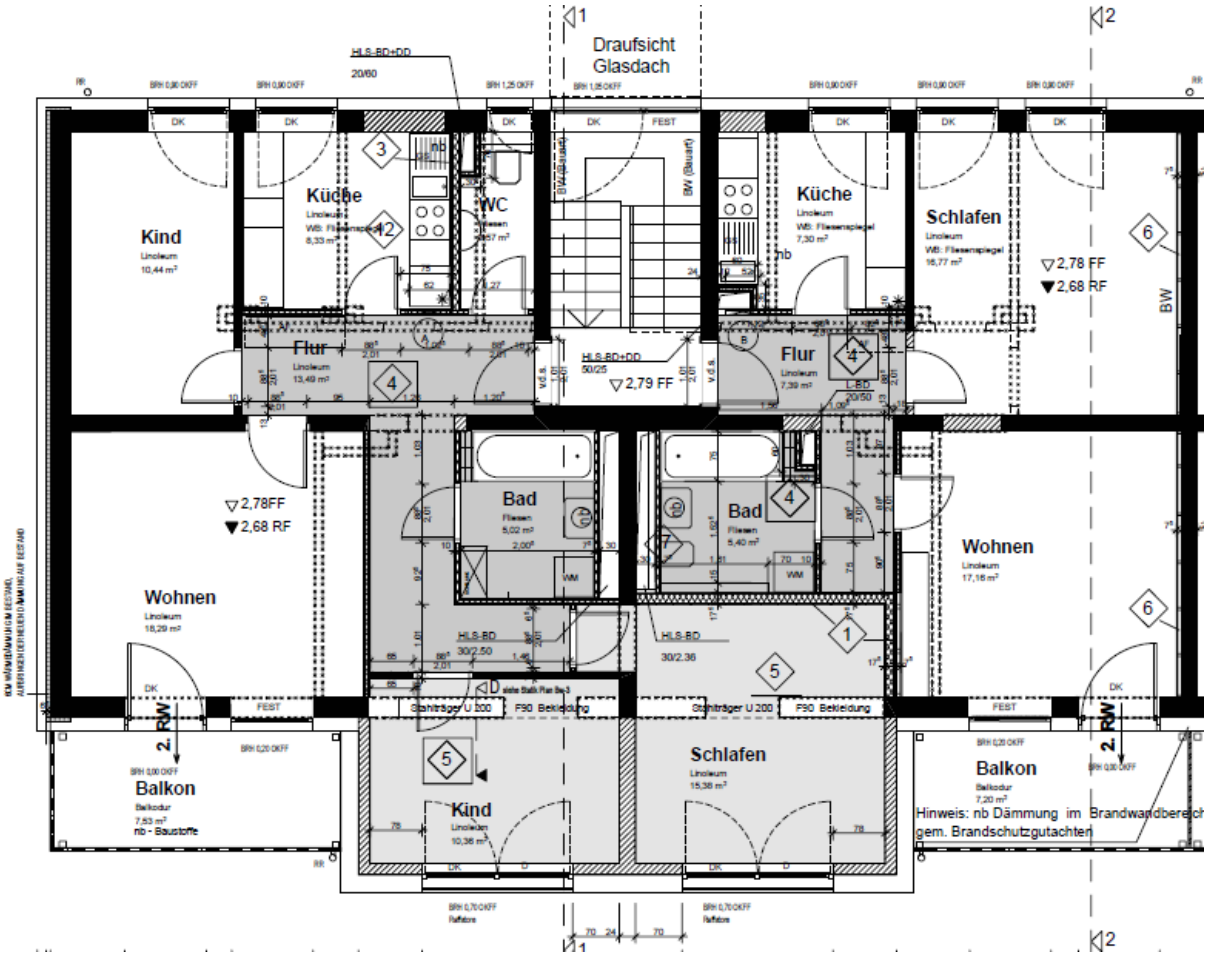


Abbildung 15: Grundriss nach der Sanierung mit einer Zwei- und einer Vierzimmerwohnung

Anstelle der Bestandswohnfläche von 3.160 m^2 stehen jetzt 3.895 m^2 in den Bestandsgeschoßen und zusätzlich 1.229 m^2 im Dachgeschoß zur Verfügung. In den Erdgeschoßen entstanden vorwiegend barrierearme Einheiten. Das Erreichen von barrierefreien Wohnungen gemäß ÖNORM wäre nur mit ökonomisch nicht vertretbaren Kosten erreichbar gewesen. Insofern wurde ein Teil der Wohnungen so ausgeführt, dass für Menschen, die auf einen Rollstuhl oder einen Rollator angewiesen sind, nur geringe Einschränkungen bestehen.

3.4 Erstellen der Energiebilanz nach OIB und PHPP

Unsanierte Mehrfamilienhäuser haben einen Heizwärmebedarf von 160 bis 250 kWh/m^{2}a und dementsprechend einen hohen Bedarf an Energie. Mit einer Energiebilanz kann gezeigt werden, wie dieser Bedarf durch eine Sanierung gesenkt werden kann.

Grundsätzlich werden bei einer Energiebilanz die Wärmeverluste und -gewinne bilanziert, um den Heizwärmebedarf zu errechnen. Je nach Berechnungsmethode wird man aber zu anderen Ergebnissen kommen. In Österreich ist zur Berechnung das Verfahren des Österreichischen Instituts für Bautechnik (OIB-Richtlinie 6) anzuwenden, zusätzlich kann das „Passivhaus-Projektierungspaket“ (PHPP) des Passivhaus Instituts Darmstadt verwendet werden.

Vertiefung …

… zum Heizwärmebedarf

Die Berechnung des Heizwärmebedarfs (Q_H) erfolgt mittels einer Bilanzierung von Wärmeverlusten und -gewinnen:

$$Q_H = Q_T + Q_V - \eta^*(Q_S + Q_i)$$

Q_H = Heizwärmebedarf

Q_T = Transmissionswärmeverluste

Q_V = Lüftungswärmeverluste

Q_S = solare Gewinne

Q_i = interne Gewinne

η = Nutzungsgrad Gewinne

Der Heizenergiebedarf (HEB) wird folgendermaßen berechnet:

HWB Heizwärmebedarf Qh + WWWB Warmwasserwärmebedarf +

HTEB Heiztechnikenergiebedarf = HEB Heizenergiebedarf

(Quelle: ÖNORM B 8110-6)

Eine erste Einstufung des Heizwärmebedarfs zeigt der Energieausweis eines Gebäudes. Aufgrund des Energieausweis-Vorlagegesetzes muss in Österreich bei einem Verkauf einer Wohnung oder einem Mieterwechsel ein Energieausweis vorgelegt werden. Daher ist für größere Wohnhäuser meist schon ein Energieausweis vorhanden (siehe Abbildung 16).

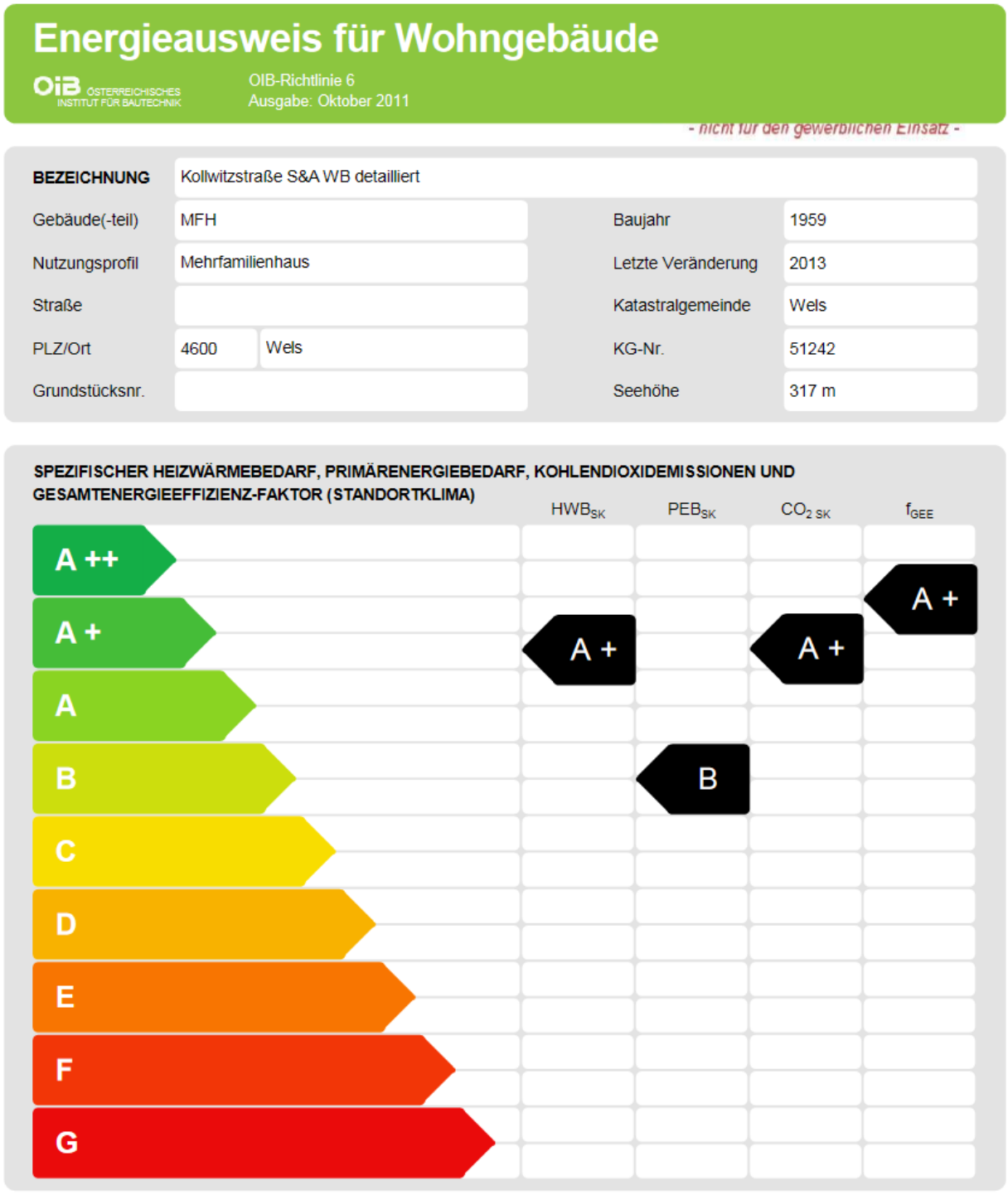


Abbildung 16: Ausschnitt aus dem Deckblatt des Energieausweises eines Gebäudes der „Kollwitzstraße“[2] nach OIB-Richtlinie 6

[2] Der Energieausweis wurde für den österreichischen Standort Wels gerechnet.

3.4.1 Bilanzierung von Gewinnen und Verlusten

Tipp …

… der Architekt im Interview

Auf http://www.e-genius.at/fileadmin/user_upload/Interviewfrage_Energetische_Berechnung.mp3 beantwortet Dr. Burkhard Schule Darup die Fragen: „Warum muss eine energetische Berechnung gemacht werden? In welcher Projektphase wird die energetische Berechnung durchgeführt?“

Bei der energetischen Berechnung werden die Wärmeverluste und -gewinne bilanziert, um den Heizwärmebedarf zu errechnen.

Auf der Verlustseite stehen die Transmissionswärmeverluste über die Gebäudehülle sowie die Lüftungswärmeverluste. Gewinne ergeben sich aus dem Wärmeangebot der Solarstrahlung und aus den internen Wärmequellen, die im Gebäude gegeben sind. Dazu gehört die Körperwärme der BewohnerInnen, die Nutzung von elektrischen Geräten, Duschen, Kochen etc. Diese werden mit einem Fixwert angesetzt. Die verbleibende Wärmemenge, die zum Erreichen der erforderlichen Raumtemperatur benötigt wird, bezeichnet man als Heizwärmebedarf.

Vertiefung …

… zur Energiebilanz

Abbildung 16: Wärmeverluste und Wärmegewinne eines Gebäudes (Quelle: Passivhaus Institut; http://www.passipedia.de/passipedia_de/_detail/picopen/energiebilanz.png?id=planung%3Aenergieeffizienz_ist_berechenbar%3Ahintergruende_-_energiebilanzen)

Verlustwärmeströme (Transmission und Ventilation) verlassen durch die Hülle das Gebäude. Solare Wärmegewinne treten über ebendiese Hülle in das Gebäude ein. Diese Hülle ist damit die Bilanzgrenze, mit der wir rechnen. Eine Energiebilanz wird also für einen klar abgegrenzten räumlichen Bereich gerechnet.

Siehe dazu W. Feist, http://www.passivhaustagung.de/Passivhaus_D/energiebilanz.html.

Für die Energiebilanzierung müssen einige Rahmenbedingungen wie beispielsweise die Raumtemperatur festgelegt werden, um eine Vergleichbarkeit herzustellen. Neben den technischen Ansätzen der Berechnung geht es vor allem darum, das Nutzerverhalten zu berücksichtigen. Da Menschen ein sehr unterschiedliches Wärmeempfinden und Gewohnheiten mit Lüftung und Heizung aufweisen, nimmt man für die Berechnungen ein durchschnittliches Nutzerprofil an. Der tatsächliche Verbrauch kann aber von den Berechnungen stark abweichen, wenn BewohnerInnen nicht alle Räume heizen oder höhere Raumtemperaturen einstellen oder wenn zu wenig oder zu viel gelüftet wird. Ein weiterer Grund kann eine fehlerhafte Berechnung, Planung oder Ausführung sein!

Im österreichischen Energieausweis ist für die Erlangung von Förderungen eine Einschränkung beim Nutzungsprofil vorgesehen: Eine minimale Innenraumlufttemperatur von 20 °C muss angenommen werden. Kühlung ist für Wohngebäude nicht vorgesehen, deshalb erfolgt der Nachweis der Sommertauglichkeit nach ÖN B 8110-3. Im Falle einer Zertifizierung zum „Qualitätsgeprüften Passivhaus“ werden bei der Bilanzierung nach PHPP ebenfalls 20 °C Innenraumtemperatur angenommen.

Ein wesentlicher Einflussfaktor sind die solaren Gewinne. Sie sind neben den Klimadaten in hohem Maße von der Gebäudeverschattung, das heißt von gebäudespezifischen Faktoren sowie von der Verglasung, abhängig. Diese werden im PHPP exakter ermittelt als nach der OIB-Richtlinie 6. Für die Solargewinne sieht das PHPP vor, dass realistische Verschattungsfaktoren und Ansätze für die immer vorhandene Verschmutzung zu berücksichtigen sind.[3] So wird im PHPP die Abminderung durch Verschmutzung und nicht senkrechten Strahlungseinfall mit 19,25 % angegeben; im Gegensatz dazu wird sie in der OIB-Richtlinie 6 mit nur 11,8 % angenommen.

Ein weiterer Unterschied entsteht auch dadurch, dass im PHPP die Ausrichtung des Gebäudes im Gegensatz zur OIB-Richtlinie 6 gradgenau anzugeben ist, sodass sich mit dem Standort eine sehr exakte Strahlungsbilanz ergibt.[4]

Ein weiterer wesentlicher Faktor für die Berechnung des Heizwärmebedarfs ist die Berechnungsmethode der Heizgradtage. Einen deutlichen Einfluss hat dabei der nach OIB-Richtlinie 6 eingerechnete Faktor für die Heiztage (f_H), der sich in einem „günstigeren“ Endergebnis verglichen mit den mit PHPP berechneten Bilanzen auswirkt. Der Grund liegt darin, dass dieser Faktor für jeden Monat des Jahres berechnet wird und festlegt,[5] ob der jeweilige Monat vollständig ($f_H = 1$), teilweise ($0 < f_H < 1$) oder gar nicht ($f_H = 0$) in der Heizperiode liegt. Durch die Multiplikation des Faktors mit dem HWB wird dieser in der Übergangszeit gemindert. Da f_H bei einem bestimmten monatlichen Verhältnis der einfließenden Gewinne (innere, passiv-solare und zurückgewinnbare Verluste aus Trinkwasser) und der Wärmeverluste auf null gesetzt wird, wird der HWB in diesen Monaten ebenfalls mit null angesetzt.[6]

Im PHPP werden die inneren Wärmequellen exakter berechnet, auch um zu vermeiden, dass „zu hoch angenommene innere Wärmequellen zu der Illusion führen, dass sehr

[3] Siehe: www.passiv.de.
[4] Siehe dazu: Ruepp, D., 2013: Vergleich: Rechenverfahren OIB RL 6 – PHPP http://www.energieinstitut.at/HP/Upload/Dateien/Vergleich_Rechenverfahren_OIB_RL_6_-_PHPP.pdf.
[5] Siehe: Ruepp, D., 2013.
[6] Siehe: Ruepp, D., 2013.

niedrige Verbräuche oder sogar Nullheizenergiehäuser schon bei mäßigen Baustandards möglich wären“.[7]

3.4.1.1 Transmissionsflächen und Transmissionswärmebedarf

Bei der Planung wird die durchgängige Gebäudehülle festgelegt. Transmission, also der Wärmetransport über Bauteile, findet dabei an verschiedenen Bauteilen statt: Wand, Decke, Fenster usw.

[7] Siehe: www.passiv.de.

Vertiefung …

… zum Transmissionswärmebedarf (Q_T)

Der Transmissionsleitwert ist ein Kennwert, der eine „spezifische Verlustleistung des Gebäudes“ angibt. Er bezeichnet den Transmissionswärmeverlust durch die Gebäudehülle bezogen auf ein Grad Temperaturunterschied. Mit dem klimatischen Kennwert HGT (Heizgradtage), einer ortsabhängigen Kenngröße, erhält man aus der Leistung den Transmissionswärmebedarf.

Der Transmissionswärmebedarf ist:

$$QT = 0{,}024 * LT * HGT \text{ in kWh/M bzw. kWh/a}$$

wobei der Transmissionsleitwert der Gebäudehülle (L_T) sich über

$$L_T = L_e + L_u + L_g + L_y + L_c \text{ in W/K errechnet.}$$

L_e = Leitwert für luftberührte Teile der Gebäudehülle (gegen Außenluft)

L_u = Leitwert für unbeheizte Gebäudeteile (Pufferräume)

L_g = Leitwert der bodenberührten Teile (Erdreich)

L_y = linienförmige Wärmebrücken

L_c = punktförmige Wärmebrücke

HGT = Heizgradtage, nach ÖNORM B 8110-5 die Summe aus den Differenzen einer angenommenen Raumtemperatur von 20 °C in Wohngebäuden und dem Mittelwert der Außentemperatur. Die OIB-Richtlinie 6 sieht bei der Berechnung die Verwendung des HGT20/12 vor. Das bedeutet, dass lt. ÖNORM B 8110-5 nur Monatstage unter einer Heizgrenze von +12 °C einberechnet werden, um die Länge der Heizperiode zu bestimmen.

Zur Anwendung kommen kann das Monatsbilanzierungsverfahren oder auch das Heizperiodenbilanzierungsverfahren (im PHPP frei wählbar).

Bei einem Gebäude aus den 1950er-Jahren, wie in der „Kollwitzstraße“, ist die Berechnung des Transmissionswärmebedarfs vergleichsweise einfach: Zunächst werden die Wandflächen berechnet. Das sind jeweils Rechtecke. Dazu passend werden die jeweiligen Fensterflächen ermittelt, die natürlich von den Wandflächen abgezogen werden. Dach und Kellerdecke sind ebenfalls zwei einfach zu ermittelnde Rechtecke. Die im PHPP zu verwendenden Bauteilmaße sind stets die Außenmaße,[8] das heißt, dass die Flächen jeweils mit Außenmaßbezug gerechnet werden, die zu berechnenden Flächen also jeweils bis zur Außenkante der dämmenden Konstruktion reichen.

[8] Siehe Passivhaus Institut (Hrsg.): Benutzerhandbuch zum Passivhaus Projektierungs Paket 7.

Nr.	Bezeichnung	Orientierung Neigung	Berechnung	Fläche brutto	Fläche netto	Flächen-anteil
				m²	m²	%
1	AW01 Bestand VWS Nord	N 90,0°	51,43*8,68 (Rechteck) + -3 * (2,26*8,56) (Rechteck)	388,38	281,38	10,2
2	AF01 122x148 Nord	N 90,0°	54 * 1,48 * 1,22	-	97,50	3,5
3	AF02 70x113 Nord	N 90,0°	12 * 1,13 * 0,70	-	9,49	0,3
4	AW01 Bestand VWS Ost	O 90,0°	8,56 * 9,49	81,23	81,23	2,9
5	AW01 Bestand VWS Süd	S 90,0°	51,43*8,6 (Rechteck) + -1 * (25,55*8,79) (Rechteck)	217,71	122,85	4,4
6	Balkontür 122x226 Süd	S 90,0°	18 * 2,26 * 1,22	-	49,63	1,8
7	Fixverglasung 122x206 Süd	S 90,0°	18 * 2,06 * 1,22	-	45,24	1,6
8	AW Vorbauten Süd	S 90,0°	25,55*8,92 (Rechteck)	227,91	153,46	5,5
9	AF03 226x183 Süd	S 90,0°	18 * (2,26*1,83) (Rechteck)	-	74,44	2,7
10	AW Vorbauten West	W 90,0°	2 * (2,41*8,92) (Rechteck)	42,99	42,99	1,6
11	AW Vorbauten Ost	O 90,0°	2 * (2,41*8,92) (Rechteck)	42,99	42,99	1,6
12	AW01 Bestand VWS West	W 90,0°	8,56 * 9,49	81,23	81,23	2,9
13	Innenwand Stiegenhaus Ost	O 90,0°	3 * (4,45*8,6) (Rechteck)	114,81	96,54	3,5
14	Innenwand Stiegenhaus West	W 90,0°	3 * (4,45*8,6) (Rechteck)	114,81	96,54	3,5
15	Innenwand Stiegenhaus Süd	W 90,0°	3 * (2,26*8,6) (Rechteck)	58,31	58,31	2,1
16	Fußboden gegen gedämmten Keller	0,0°	51,03*9,09 (Rechteck) + -3 * (4,43*2,26) (Rechteck)	433,83	433,83	15,7
17	Decke -Terrasse	0,0°	25,55*2,41 (Rechteck)	61,58	61,58	2,2
18	AW02 DG Nord	N 90,0°	51,42*2,74 (Rechteck)	140,89	119,67	4,3
19	AF05 134x132 DG Nord	N 90,0°	12 * (1,34*1,32) (Rechteck)	-	21,23	0,8
20	AW02 DG Ost	O 90,0°	9,5*2,74 (Rechteck) + 9,5*0,82/2 (Dreieck)	29,93	29,93	1,1
21	AW02 DG Süd	S 90,0°	51,42*3,56 (Rechteck)	183,06	114,27	4,1
22	Terrassentür 132x245 Süd	S 90,0°	6 * 2,45 * 1,32	-	19,40	0,7
23	Balkontür 132x262 Süd	S 90,0°	4 * (1,32*2,62) (Rechteck)	-	13,83	0,5
24	AF08 252x192 Süd	S 90,0°	2 * (2,52*1,92) (Rechteck)	-	9,68	0,3
25	Fixverglasung 132x245 Süd	S 90,0°	8 * (1,32*2,45) (Rechteck)	-	25,87	0,9
26	IW02 Stiegenhaus DG	O 90,0°	3 * (4,64*2,74) (Rechteck) + 3 * (4,64*0,4/2) (Dreieck)	40,92	38,89	1,4
27	Wohnungseingangstür	O 90,0°	1,01*2,01 (Rechteck)	-	2,03	0,1
28	IW02 Stiegenhaus DG	W 90,0°	3 * (4,64*2,74) (Rechteck) + 3 * (4,64*0,4/2) (Dreieck)	40,92	38,89	1,4
29	Wohnungseingangstür	W 90,0°	1,01*2,01 (Rechteck)	-	2,03	0,1
30	IW02 Stiegenhaus DG	S 90,0°	3 * (2,26*2,74) (Rechteck)	18,58	18,58	0,7
31	Pultdach	N 5,0°	51,42*9,41 (Rechteck)	483,86	483,86	17,5

Abbildung 17: Auszug aus dem Energieausweis eines Gebäudes der „Kollwitzstraße“ nach OIB-Richtlinie 6: Transmissionsflächen zur Eruierung der Transmissionswärmeverluste

Die abgebildeten Transmissionsflächen werden um die Wärmebrücken und die Lüftungswärmeverluste ergänzt und ergeben folgende Aufteilung der Transmissionswärmeverluste:

6.1 spezifische Transmissionswärmeverluste (Fortsetzung)

Nr.	Wärmebrücke	Anzahl n	Länge l m	ψ W/(mK)	Faktor F_x	$F_x * \psi * l * n$ W/K	%
15	Traufe	1	51,840	-0,035	1	-1,814	-0,20
16	First Kehlbalken	1	51,840	-0,020	1	-1,036	-0,11
gesamter Wärmebrückenzuschlag					$\Sigma(F_x * \psi * l * A)=$	21,759	2,47

entspricht Wärmebrückenzuschlag ΔU	ΔU_{WB} =	0,008 W/(m²K)

Bild 1 : Diagrammdarstellung der spezifischen Wärmeverluste

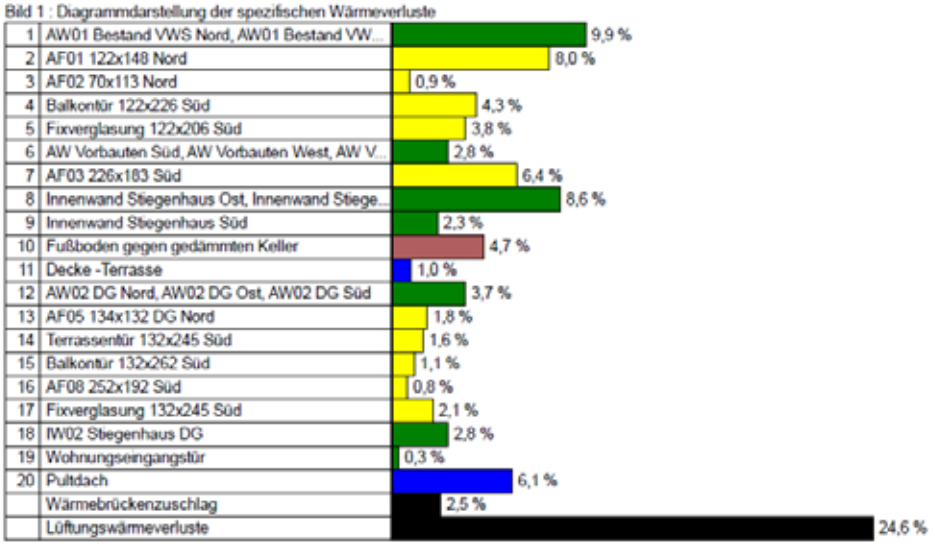

1 AW01 Bestand VWS Nord, AW01 Bestand VW... 9,9 %
2 AF01 122x148 Nord 8,0 %
3 AF02 70x113 Nord 0,9 %
4 Balkontür 122x226 Süd 4,3 %
5 Fixverglasung 122x206 Süd 3,8 %
6 AW Vorbauten Süd, AW Vorbauten West, AW V... 2,8 %
7 AF03 226x183 Süd 6,4 %
8 Innenwand Stiegenhaus Ost, Innenwand Stiege... 8,6 %
9 Innenwand Stiegenhaus Süd 2,3 %
10 Fußboden gegen gedämmten Keller 4,7 %
11 Decke -Terrasse 1,0 %
12 AW02 DG Nord, AW02 DG Ost, AW02 DG Süd 3,7 %
13 AF05 134x132 DG Nord 1,8 %
14 Terrassentür 132x245 Süd 1,6 %
15 Balkontür 132x262 Süd 1,1 %
16 AF08 252x192 Süd 0,8 %
17 Fixverglasung 132x245 Süd 2,1 %
18 IW02 Stiegenhaus DG 2,8 %
19 Wohnungseingangstür 0,3 %
20 Pultdach 6,1 %
Wärmebrückenzuschlag 2,5 %
Lüftungswärmeverluste 24,6 %

Abbildung 18: Diagrammdarstellung der spezifischen Wärmeverluste nach OIB-Richtlinie 6, inklusive Wärmebrückenzuschlag und Lüftungswärmeverluste (AW = Außenwand, AF = Außenfenster)

3.4.1.2 Fenster in der Energiebilanz

Wärmeverluste und -gewinne (solarer Wärmeeintrag) über die Fensterflächen können das Ergebnis entscheidend beeinflussen, da sie sowohl die Transmissionswärmeverluste als auch die solaren Wärmegewinne des Gebäudes bestimmen. Weitere Angaben dazu finden sich in Kapitel 4.4.

Nr.	Bezeichnung	Orientierung Neigung	Fläche brutto m²	Faktor Rahmen-anteil	Faktor Ver-schattung F_s	Faktor Sonnen-schutz z	Faktor Nichtsenk-rechter Strahlungs-einfall / Verschm.	Gesamt-energie-durchlass-grad g	effektive Kollektor-fläche m²
1	AF01 122x148 Nord	N 90,0°	97,50	0,67	0,75	---	0,9; 0,98	0,52	22,57
2	AF02 70x113 Nord	N 90,0°	9,49	0,52	0,75	---	0,9; 0,98	0,52	1,69
3	Balkontür 122x226 Süd	S 90,0°	49,63	0,65	0,75	---	0,9; 0,98	0,65	13,96
4	Fixverglasung 122x206 Süd	S 90,0°	45,24	0,80	0,74	---	0,9; 0,98	0,65	15,38
5	AF03 226x183 Süd	S 90,0°	74,44	0,73	0,75	---	0,9; 0,98	0,65	23,38
6	AF05 134x132 DG Nord	N 90,0°	21,23	0,67	0,75	---	0,9; 0,98	0,50	4,70
7	Terrassentür 132x245 Süd	S 90,0°	19,40	0,74	0,75	---	0,9; 0,98	0,65	6,16
8	Balkontür 132x262 Süd	S 90,0°	13,83	0,74	0,75	---	0,9; 0,98	0,65	4,39
9	AF08 252x192 Süd	S 90,0°	9,68	0,74	0,75	---	0,9; 0,98	0,65	3,07
10	Fixverglasung 132x245 Süd	S 90,0°	25,87	0,82	0,75	---	0,9; 0,98	0,65	9,14

Abbildung 19: Daten transparenter Bauteile (Auszug aus dem Energieausweis nach OIB-Richtlinie 6)

3.4.2 Bilanzierung von Wärmebrücken

Wärmebrücken sind Bereiche der Gebäudehülle, an denen gegenüber der sonstigen Fläche erhöhte Transmissionswärmeverluste auftreten. Bei ungünstiger Detailausbildung liegt ihr Verlustanteil bei bis zu 30 %.

Grundsätzliches …

… zur Vermeidung von Wärmebrücken

Die Vermeidung von Wärmebrücken wird in den Bauordnungen gefordert: „Gebäude und Änderungen an solchen sind so zu planen und auszuführen, dass Wärmebrücken möglichst minimiert werden. Im Falle zweidimensionaler Wärmebrücken ist bei Neubau und größerer Renovierung die ÖNORM B 8110-2 einzuhalten“ (OIB-Richtlinie 6).

Es gibt auch negative Wärmebrücken. Die Psi-Werte korrigieren die Ergebnisse der U-Wert-Bilanzierung in den Bereichen mit abweichenden Wärmeflüssen.

Tipp …

… zu negativen Wärmebrücken

Für die Definition negativer Wärmebrücken siehe http://www.energie-lexikon.info/waermebruecke.html.

Im PHPP werden die Wärmebrücken des Gebäudes innerhalb des Arbeitsblattes „Flächen“ bilanziert. Zunächst erfolgt in den ersten Spalten die Bezeichnung und Zuordnung der Wärmebrücke, dann werden Anzahl, Längen und Abzüge erfasst, woraus sich die Gesamtlänge pro Wärmebrücke ergibt. Der Wärmebrücke wird dann der Wärmebrückenverlustkoeffizient ψ (Psi) zugeordnet. Die Einheit für ψ ist W/mK.

Tipp …

… zum Wärmebrückenverlustkoeffizienten (ψ-Wert)

Die ψ-Werte können aus Wärmebrückenkatalogen übernommen oder durch detaillierte Wärmebrückenberechnungen nach ÖNORM EN ISO 10211 ermittelt werden. Für eine Auswahl von Wärmebrückenkatalogen siehe:

baubook – klima:aktiv-häuser kriterien und produkte (Unterpunkt „Quellenangaben“): klima:aktiv Wärmebrückenkatalog Fenster

(http://www.klimaaktiv.at/tools/bauen_sanieren/waermebruecken).

Aus Längen und Koeffizient wird im PHPP die Wärmebrückenbilanz ermittelt, die dann im Arbeitsblatt „Heizwärme“ in den unteren drei Zeilen der Transmissionswärmeverluste übernommen wird.

Wärmebrückeneingabe

Nr. WBV	Wärmebrücken Anschluss- bzw. Fehlstellen-Bezeichnung	Grup-pe Nr.	Zuordnung an Gruppe	An-zahl	x (	Eigene Ermitt-lung Länge [m]	-	Abzug Länge eigene Ermitt-lung [m]	) =	Länge ℓ [m]	Eingabe des Wärmebrücken-Verlust-Koeffizienten W/(mK)	Ψ W/(mK)
1	Sockel	16	Wärmebrücken Perimeter	1	x (	123,48	-		) =	123,48	Sockel	0,080
2	Wand KG-EG 24 cm	17	Wärmebrücken Bodenplatte	1	x (	71,64	-		) =	71,64	Wand KG-EG 24 cm	0,420
3	Wand KG-EG 11,5 cm	17	Wärmebrücken Bodenplatte	1	x (	29,70	-		) =	29,70	Wand KG-EG 11,5 cm	0,320
4	Bodenplatte Treppenh.	17	Wärmebrücken Bodenplatte	3	x (	12,50	-		) =	37,50	Bodenplatte Treppenh.	0,550
5	Balkonanschluss	15	Wärmebrücken Außenluft	1	x (		-		) =	0,00	Balkonanschluss	0,400
6	Außenecke	15	Wärmebrücken Außenluft	4	x (	11,84	-		) =	47,34	Außenecke	-0,040
7	Traufe	15	Wärmebrücken Außenluft	1	x (	51,84	-		) =	51,84	Traufe	-0,035
8	First/Kehlbalken	15	Wärmebrücken Außenluft	1	x (	51,84	-		) =	51,84	First/Kehlbalken	-0,020
9	Innenwandecke	15	Wärmebrücken Außenluft		x (	11,84	-		) =	0,00	Innenwandecke	0,025

Abbildung 20: Bilanzierung der Wärmebrücken gemäß PHPP in Arbeitsblatt „Flächen“

Nr.	Wärmebrücke	Anzahl n	Länge l	Ψ	Faktor F_x	$F_x * \Psi * l * n$	
			m	W/(mK)		W/K	%
1	Fenstersturz in AW	1	121,530	0,015	1	1,822	0,20
2	Fensterleibung	1	331,740	0,015	1	4,976	0,56
3	Fensterbrüstung	1	121,530	0,015	1	1,822	0,20
4	Fenstersturz	1	40,680	0,015	1	0,610	0,06
5	Fensterleibung	1	131,760	0,015	1	1,976	0,22
6	Fensterbrüstung	1	40,680	0,015	1	0,610	0,06
7	Fenstersturz	1	59,480	0,015	1	0,892	0,10
8	Fensterleibung	1	146,920	0,015	1	2,203	0,25
9	Fensterbrüstung	1	59,480	0,015	1	0,892	0,10
10	Fenstersturz	1	5,280	0,080	1	0,422	0,04
11	Fensterleibung	1	21,360	0,015	1	0,320	0,03
12	Fensterbrüstung	1	5,280	0,015	1	0,079	0,00
13	Sockel	1	123,480	0,080	1	9,878	1,12
14	Außendecke	1	47,340	-0,040	1	-1,893	-0,21
15	Traufe	1	51,840	-0,035	1	-1,814	-0,20
16	First Kehlbalken	1	51,840	-0,020	1	-1,036	-0,11
gesamter Wärmebrückenzuschlag					$\Sigma(F_x * \Psi * l * A)=$	**21,759**	2,47

entspricht Wärmebrückenzuschlag ΔU	$\Delta U_{WB} =$	**0,008 W/(m²K)**

Abbildung 21: Wärmebrücken nach OIB-Richtlinie 6

3.4.2.1 Ergebnisse der Wärmebrückenbilanzierung

Tipp …

… der Architekt im Interview

Auf http://www.e-genius.at/fileadmin/user_upload/Interviewfrage_Waermebruecken.mp3 beantwortet Dr. Burkhard Schule Darup die Frage: „Was sind die relevantesten Wärmebrücken für die Sanierung?“

Bestandsgebäude weisen vor allem an den unteren Anschlüssen oftmals schwierig zu lösende Wärmebrücken auf. Bei den Detailanschlüssen im Kellerbereich mussten deshalb in der „Kollwitzstraße“ intensive Betrachtungen angestellt werden, um schadensfreie Konstruktionen zu erhalten. Im Zuge der energetischen Berechnung wurden die Wärmebrücken einzeln ermittelt und optimiert.

Für die Optimierung wurden im Zuge des Planungsprozesses die Details präzise mit einer Minimierung der wärmeleitenden Effekte ausgebildet. Im neuen Dachgeschoß waren aufgrund der optimierten Passivhaus-Details durchwegs negative Wärmebrückenverlustkoeffizienten zu verzeichnen. Dies ist bei der Planung von Passivhäusern bei den meisten Wärmebrücken gegeben, die geometrisch eine Außenecke aufweisen.

Die Begründung dafür ist ganz einfach: Wärmebrücken beziffern den Unterschied des Wärmeverlustes über die Transmissionsfläche im Vergleich zur U-Wert-Berechnung über die Flächen. Da diese jeweils mit Außenmaßbezug (Flächenmaße bis Außenkante der Konstruktion) angenommen werden, ist der tatsächliche Wärmeverlust immer dann geringer, wenn die volle Dämmdicke weitestgehend um eine Außenecke herumgezogen werden kann.

3.4.3 Bilanzierung des Energiebedarfs für Heizen, Warmwasser und Strom

Jahresbilanz - Absolutwerte

Jahres-Heiztechnikenergiebedarf Raumheizung (HTEB-RH)	2.460	kWh/a
Jahres-Heiztechnikenergiebedarf Warmwasser (HTEB-WW)	35.540	kWh/a
Jahres-Hilfsenergiebedarf (HE)	700	kWh/a
Jahres-Heizenergiebedarf (HEB)	**84.357**	**kWh/a**
Jahres-Endenergiebedarf (EEB)	**113.759**	**kWh/a**
Jahres-Primärenergiebedarf (PEB)	**212.718**	**kWh/a**

Jahresbilanz - flächenbezogen

Jahres-Heiztechnikenergiebedarf Raumheizung (HTEB-RH)	1,4	kWh/(m² a)
Jahres-Heiztechnikenergiebedarf Warmwasser (HTEB-WW)	19,9	kWh/(m² a)
Jahres-Hilfsenergiebedarf (HE)	0,4	kWh/(m² a)
Jahres-Heizenergiebedarf (HEB)	**47,1**	**kWh/(m² a)**
Jahres-Endenergiebedarf (EEB)	**63,6**	**kWh/(m² a)**
Jahres-Primärenergiebedarf (PEB)	**118,8**	**kWh/(m² a)**

Abbildung 22: Jahresbilanz Energiebedarf nach OIB-Richtlinie 6 (Absolutwerte und flächenbezogen)

WÄRME- UND ENERGIEBEDARF

	Referenzklima spezifisch	Standortklima zonenbezogen	spezifisch	Anforderung	
HWB	10,5 kWh/m²a	22.458 kWh/a	12,5 kWh/m²a	48,4 kWh/m²a	
WWWB		22.868 kWh/a	12,8 kWh/m²a		
$HTEB_{RH}$		2.460 kWh/a	1,4 kWh/m²a		
$HTEB_{WW}$		35.540 kWh/a	19,9 kWh/m²a		
HTEB		38.699 kWh/a	21,6 kWh/m²a		
HEB		84.357 kWh/a	47,1 kWh/m²a		
HHSB		29.402 kWh/a	16,4 kWh/m²a		
EEB		113.759 kWh/a	63,6 kWh/m²a	100,6 kWh/m²a	
PEB		212.718 kWh/a	118,8 kWh/m²a		
$PEB_{n.em.}$		88.143 kWh/a	49,2 kWh/m²a		
PEB_{em}		124.575 kWh/a	69,6 kWh/m²a		
CO_2		16.819 kg/a	9,4 kg/m²a		
f_{GEE}	0,60	0,55			

Abbildung 23: Energiekennwerte im Energieausweis und Gesamtenergieeffizienz-Faktor nach OIB-Richtlinie 6

3.4.4 Energiebilanz nach OIB und PHPP

Die Berechnung nach PHPP ist hinsichtlich des späteren Verbrauchs sehr zuverlässig. Der Heizwärmebedarf beträgt nach PHPP für den Bereich der Bestandswohnungen 26 kWh/m^{2}a und im Bereich des Dachgeschoßes für die Passivhaus-Wohnungen 15 kWh/m^{2}a. Diese Zahlen entsprechen sehr exakt den später gemessenen Werten (siehe Kapitel 7.3).

Berechnung nach PHPP (Bezugsfläche A_{EB}/Wohnfläche)			
Bereich Bestand EG – 2. OG (1. 298 m²)		Bereich Passivhaus, 6 WE, DG (410 m²)	
Heizwärmebedarf saniert	26 kWh/m²a	**Heizwärmebedarf**	15 kWh/m²a

Tabelle 1: Daten der energetischen Berechnung „Kollwitzstraße“ 1–17 für die erfolgte Sanierung, Berechnung nach PHPP

Die Bilanzierung der Verluste und Gewinne sieht nach der OIB-Richtlinie 6 wie folgt aus:

Berechnung nach OIB-Richtlinie 6 (Bezugsfläche A_B)			
Gesamtes Gebäude			
Brutto-Grundfläche vor der Sanierung	1.301 m²	**Brutto-Grundfläche nach der Sanierung**	1.790 m²
Spezifischer Heizwärmebedarf vor der Sanierung	182,6 kWh/m²a	**Spezifischer Heizwärmebedarf nach der Sanierung**	12,5 kWh/m²a

Tabelle 2: Daten der energetischen Berechnung „Kollwitzstraße“ 1–17 für den Bestand und die erfolgte Sanierung, Berechnung nach OIB-Richtlinie 6

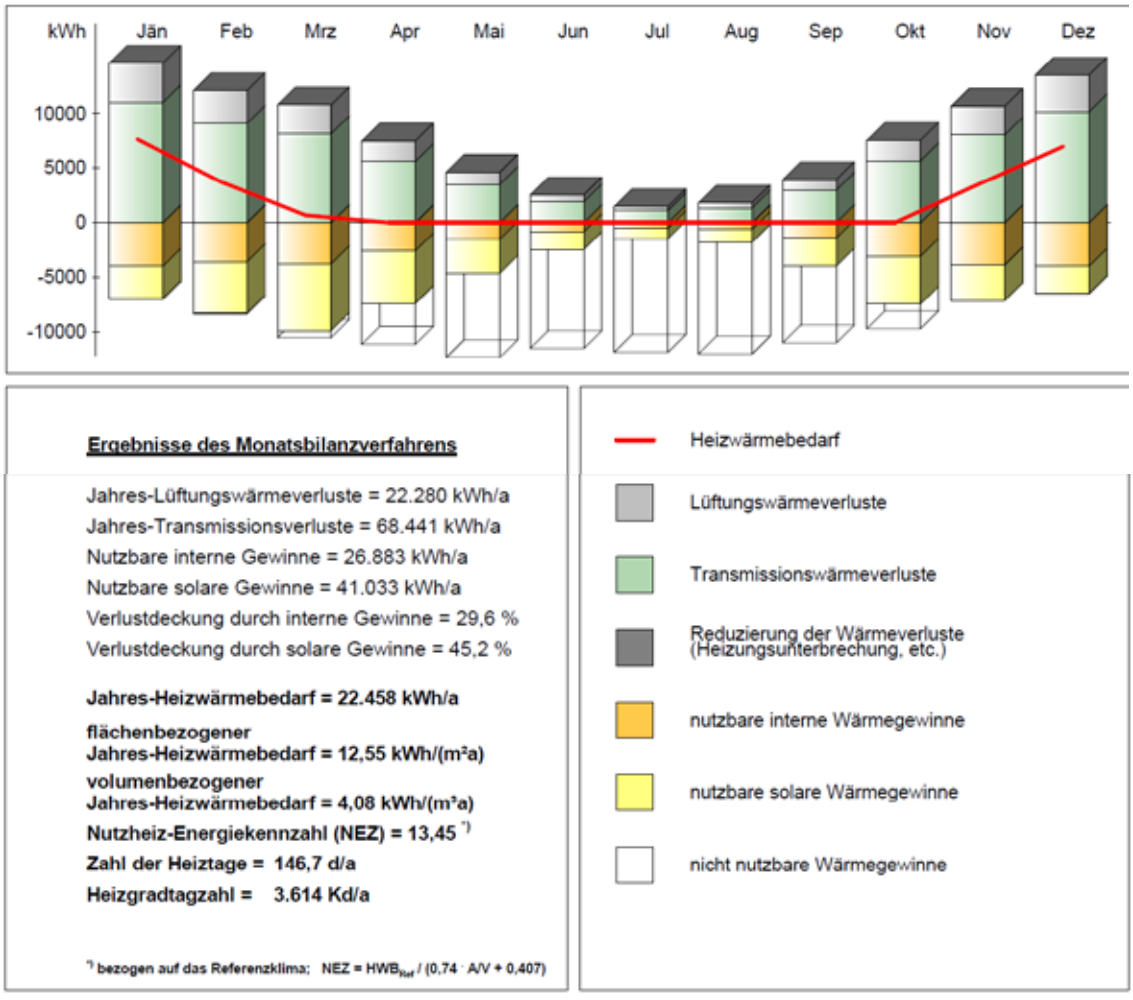


Abbildung 24: Monatliche Bilanzierung der Verluste und Gewinne in den sanierten Gebäuden der „Kollwitzstraße“ nach OIB-Richtlinie 6

Für die „Kollwitzstraße“ ergab die Berechnung nach OIB-Richtlinie 6 einen Heizwärmebedarf von 12,5 kWh/m^{2}a.

Beim Vergleich der Ergebnisse ist vor allem die eingangs erwähnte Unterscheidung der Energiebezugsflächen bei den Berechnungen zu bedenken.

3.4.5 Primärenergiebedarf und CO_2-Emissionen

„Der Gesamtenergieeffizienzfaktor (‚f_{GEE}‘) ist ebenso wie der Primärenergiebedarf und die CO_2-Emissionen eine Neuerung in der Ausgabe 2011 der OIB-Richtlinie 6. Dieser Faktor Er sollte eine einfache Vergleichbarkeit mit Referenzgebäuden ermöglichen.

Der f_{GEE} ist der Quotient aus dem mit den ÖNORMEN B8110-5, B8110-6 und H5056 errechneten Endenergiebedarf (EEBist) und einem virtuellen Referenzenergiebedarf (EEB26).“[9].

Die Aussagekraft des Gesamtenergieeffizienzfaktors hinsichtlich der Gesamtenergieeffizienz eines Gebäudes wird von Experten jedoch in Zweifel gezogen.[10]

Berechnung Primärenergiebedarf

Primärenergiefaktoren gemäß OIB-Richtlinie 6 (Okt. 2011)

	Energieträger	Endenergie	Primärenergiefaktor		Primärenergie	
			nicht erneuerbar	erneuerbar	nicht erneuerbar	erneuerbar
Energiebedarf für		kWh/a	-		kWh/a	
Raumheizung	Heizwerk, regenerativ	25249	0,28	1,32	7070	33329
	Strom (Hilfsenergie)	143	2,15	0,47	307	67
Warmwasser	Heizwerk, regenerativ	58408	0,28	1,32	16354	77098
	Strom (Hilfsenergie)	557	2,15	0,47	1198	262
Haushaltsstrom	Strom-Mix	29402	2,15	0,47	63214	13819

Abbildung 25: Berechnung des Primärenergiebedarfs nach OIB-Richtlinie 6 unter der Annahme eines installierten Biomasseheizsystems, erstellt für die Sanierung eines Gebäudes der „Kollwitzstraße“

Berechnung CO_2-Emissionen

CO_2-Faktoren gemäß OIB-Richtlinie 6 (Okt. 2011)

	Energieträger	Endenergie	CO_2-Faktor	CO_2-Emissionen
Energiebedarf für		kWh/a	g/kWh$_{End}$	kg/a
Raumheizung	Heizwerk, regenerativ	25249	51	1288
	Strom (Hilfsenergie)	143	417	59
Warmwasser	Heizwerk, regenerativ	58408	51	2979
	Strom (Hilfsenergie)	557	417	232
Haushaltsstrom	Strom-Mix	29402	417	12261

Abbildung 26: Berechnung der CO_2-Emissionen nach OIB-Richtlinie 6 unter der Annahme eines installierten Biomasseheizsystems, erstellt für die Sanierung eines Gebäudes der „Kollwitzstraße“

[9] Ruepp, D., 2013.
[10] Siehe Ruepp, D., 2013.

Gebäude

Heizwärmebedarf	HWB_{Ist}	=	12,5 kWh/m²a
Warmwasserwärmebedarf	WWWB	=	12,8 kWh/m²a
Heizenergiebedarf	HEB_{Ist}	=	47,1 kWh/m²a
Haushaltsstrombedarf	HHSB	=	16,4 kWh/m²a
Endenergiebedarf	EEB_{Ist}	=	63,6 kWh/m²a

Referenz

Heizwärmebedarf	HWB_{26}	=	62,4 kWh/m²a
Warmwasserwärmebedarf	WWWB	=	12,8 kWh/m²a
Anlagenaufwandszahl	e_{AWZ}	=	1,330
Heizenergiebedarf	HEB_{26}	=	100,0 kWh/m²a
Haushaltsstrombedarf	HHSB	=	16,4 kWh/m²a
Endenergiebedarf	EEB_{26}	=	116,5 kWh/m²a

Gesamtenergieeffizienz-Faktor

Gesamtenergieeffizienz-Faktor	f_{GEE}	=	0,546

Abbildung 27: Berechnung des Gesamtenergieeffizienzfaktors f_{GEE} nach OIB-Richtlinie 6, erstellt für die „Kollwitzstraße“

Darstellung der wichtigsten Unterschiede in den Berechnungsmethoden von PHPP und OIB-Richtlinie 6 (Auszug aus: Ruepp, D., 2013)	
Allgemeines	
PHPP	**OIB-Richtlinie 6**
• Bezugsgröße ist die Energiebezugsfläche basierend auf der Wohnflächenverordnung Deutschlands mit Anpassungen • innere Wärmequellen = 2,1 W/m²EBF	• Bezugsgröße ist die Bruttogrundfläche (BGF) • innere Wärmequellen = 3,75 W/m²BGF
Verminderte Verluste gegen Erdreich	
• verminderte Verluste gegen Erdreich werden über Heizgradstunden (HGS) berücksichtigt • komplexes Modell zur Abschätzung der Erdreichtemperaturen • eigene HGS für Verluste gegen Grund sowie eines möglichen Erdreichwärmeübertragers • diese Herangehensweise wirkt sich auf die komplette Verlustberechnung aus	• verminderte Verluste gegen Erdreich über Faktoren bei Transmissionswärmeverlusten einkalkuliert • Faktoren abhängig von der jeweiligen Situation (unkonditionierter Keller, angrenzende Flächen an Erdreich,…) • andere Temperaturen an der Bilanzgrenze bleiben unberücksichtigt
Lüftungswärmeverluste	
• Auslegung einer Lüftungsanlage möglich • bis zu zehn verschiedene Geräte bilanzierbar • Infiltration detailliert berücksichtigt • Verluste über Kanäle einberechnet • keine Routine für Fensterlüftung im Winter • Hilfsenergie für Lüftung wird bilanziert	• Lüftungsleitwert immer mit BGF berechnet • Falschluftrate in Abhängigkeit von n_{50} • Lüftungsanlage nur ungenau erfasst • Verluste über Kanäle über prozentuelle Abschläge geschätzt • keine Hilfsenergie für die Lüftung ausgewiesen

Solares Wärmeangebot	
• Berechnung der Verschattungsfaktoren über Routine, die aus Simulationen abgeleitet ist • Abminderung durch Verschmutzung und nicht senkrechten Strahlungseinfall = 19,25 % • Ausrichtung gradgenau anzugeben, mit Standort sehr exakte Strahlungsbilanz	• Verschattungsfaktoren über Tabellenwerte • Glasanteil kann vereinfacht mit 70 % der Fenstergröße berechnet werden. • Minderung durch Verschmutzung und nicht senkrechten Strahlungseinfall = 11,8 % • solares Angebot wird überschätzt
Heizwärmebedarfsberechnung	
• mittels Heizperiodenverfahren • Monatsverfahren nach EN 13790 • zusätzlich Heizlastberechnung • Bilanzierung mehrfach validiert	• Monatsverfahren • Bilanzfehler über Faktor „f_H“ • nicht validierte HWB-Berechnung
Herangehensweise bei der Endenergiebedarfsberechnung	
• ordentliche Bilanzen der Teilbereiche über Energieaufwandszahlen • Aufwand eines Teilbereichs stellt Bedarf des vorhergehenden Bereichs dar (der Bedarfsentwicklung folgend) • Wärmeübergabeverluste begründet vernachlässigt • Leitungsdämmung über Verlustkoeffizient, jegliche Dämmstärken definierbar • in anderen Bereichen nutzbare Wärme über Grenznutzen berücksichtigt • viele Näherungsverfahren aus Simulationen oder Erfahrungswerten abgeleitet • umfangreiche Elektrobilanz mit Erfassung aller Hilfsenergien und des Strombedarfs für Haushalt und Beleuchtung • latente Verdunstungswärme von Personen und andere Wasserquellen inkludiert • einfach, übersichtlich und gut dokumentiert	• Berechnung der Übergabe-, Verteil-, und Speicherverluste nicht in Abhängigkeit des tatsächlichen Bedarfs • erst bei den Bereitstellungsverlusten fließt der Nutzenergiebedarf ein • Wärmeübergabeverluste als Summand berücksichtigt und nicht über dadurch erhöhte Raumtemperaturen • maximal mögliche Dämmstärke der Leitungen entspricht deren Durchmesser • Bilanzfehler in der Berechnung von Q^*_H • weiterer Fehler im HTEB durch inkonsistente Einrechnung des HWB in die Endenergiebilanzen • zurückgewinnbare Verluste werden als Summand in der Bilanz berücksichtigt • Hilfsenergien ungenau und unvollständig • intransparent und teilweise inkonsistente Bezeichnungen • Berechnung des f_{GEE} intransparent; dieser vermittelt die falschen Signale zur Ressourceneffizienz des Gebäudes

Tabelle 3: Darstellung der Unterschiede in den Berechnungsmethoden von PHPP und OIB-Richtlinie 6 (Auszug aus: Ruepp, D., 2013)
http://www.energieinstitut.at/HP/Upload/Dateien/Vergleich_Rechenverfahren_OIB_RL_6_-_PHPP.pdf

4. Wie wurde die Gebäudehülle im Zuge der Sanierung ausgeführt?

Die Gebäudehülle wurde unter der Verwendung von Passivhaus-Komponenten energetisch hochwertig ausgeführt, wobei gleichzeitig möglichst wirtschaftliche Lösungen berücksichtigt wurden.

Tipp …

… der Architekt im Interview

Auf http://www.e-genius.at/fileadmin/user_upload/Interviewfrage_Gebaeudehuelle.mp3 beantwortet Dr. Burkhard Schule Darup die Frage: „Welche besonderen Herausforderungen gab es für die Sanierung der Gebäudehülle?“

Im Folgenden werden die einzelnen Bauteile hinsichtlich ihrer Detailausbildung sowie die daraus resultierenden U-Werte beschrieben.

Vertiefung …

… zum U-Wert

Der U-Wert ist ein spezifischer Kennwert (pro m^2, pro K). Er bezeichnet den Wärmedurchgangskoeffizienten eines flächigen Bauteils, angegeben in der Einheit W/m^2K. Der U-Wert gibt den Wärmestrom durch einen Regelquerschnitt einer Fläche von 1 m^2 pro Zeiteinheit an, wenn die Differenz der Lufttemperatur zwischen den beiden Seiten 1 Kelvin beträgt. Die jeweilige Dämmschichtdicke wird miteinbezogen. Der U-Wert gibt Auskunft über die Wärmedämmwirkung eines Bauteils. In der folgenden Abbildung ist die Berechnung des U-Wertes laut OIB-Richtlinie 6 anschaulich dargestellt.

Konstruktionsaufbau und Berechnung

	Baustoffschichten	d	μ	λ	R=d/λ	ρ	ρ*d
	von innen nach außen	Dicke	WD-Diff.	Leitfähig.	Widerst.	Dichte	Flächgew.
Nr	Bezeichnung	[m]	[-]	[W/mK]	[m²K/W]	[kg/m³]	[kg/m²]
1	Innenputz	0,015	13	0,350	0,043	1.200	18,0
2	HLZ-Mauerwerk 1400	0,300	10	0,580	0,517	1.400	420,0
3	Außenputz	0,020	10	0,800	0,025	1.800	36,0
Bauteildicke [m]		0,335					
Flächenbezogene Masse des Bauteils [kg/m²]							474,0
Summe der Wärmeübergangswiderstände	$R_{si} + R_{se}$				0,170	[m²K/W]	
Wärmedurchgangswiderstand	$R_T = R_{si} + \Sigma R_t + R_{se}$				0,755	[m²K/W]	
Wärmedurchgangskoeffizient	**$U = 1 / R_T$**				**1,32**	**[W/m²K]**	

Abbildung 28: Berechnung des U-Wertes nach OIB (Berechnungsblatt). Die Werte für R_{si} kennzeichnen den Wärmeübergangswiderstand von der Innenraumluft zur Bauteiloberfläche, jene für R_{se} kennzeichnen den Wärmeübergangswiderstand von der Bauteiloberfläche zur Außenluft. Dies ist je nach Orientierung des Bauteils unterschiedlich.

Die U-Werte bilden die Grundlage für die Berechnung des Transmissionsleitwertes der Gebäudehülle (siehe Kapitel 3.4.1.1).

4.1 Außenwand

Grundsätzliches …

… zur Außenwand

Die Außenwände eines Gebäudes bilden einen großen Teil der wärmeübertragenden Fläche der Gebäudehülle, deshalb ist ihre hochwertige Dämmung für eine energetische Sanierung besonders wichtig

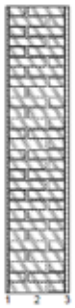
4.1.1 Bestandssituation vor der Sanierung

Das Sanierungsobjekt war ein Gebäude in Massivbauweise. Die Außenwand besteht aus Hochlochziegeln mit einer Konstruktionsdicke von 30 cm zzgl. Innen- und Außenputz. Der alte Außenputz, ein Kalkzementputz mit 2 cm Schichtdicke, hatte das Ende seiner Nutzungsdauer erreicht und wies nach über 50 Jahren Risse und Hohlstellen auf, die in jedem Fall eine aufwendige Instandsetzung notwendig gemacht hätten.

Bei der energetischen Sanierung mit Wärmedämmverbundsystem werden solche Mängel mit der Dämmung überbrückt. Bei der Vorbereitung des Untergrunds werden Putzbereiche mit relevanten Hohlstellen entfernt und mit eher geringem Aufwand ein hinreichender Untergrund für den Kleber des WDVS geschaffen. Eine aufwendige Putzsanierung entfällt.

Der U-Wert der Bestandswand ergibt sich gemäß folgender Berechnung mit einem resultierenden Wert von U = 1,3 W/m^{2}K.

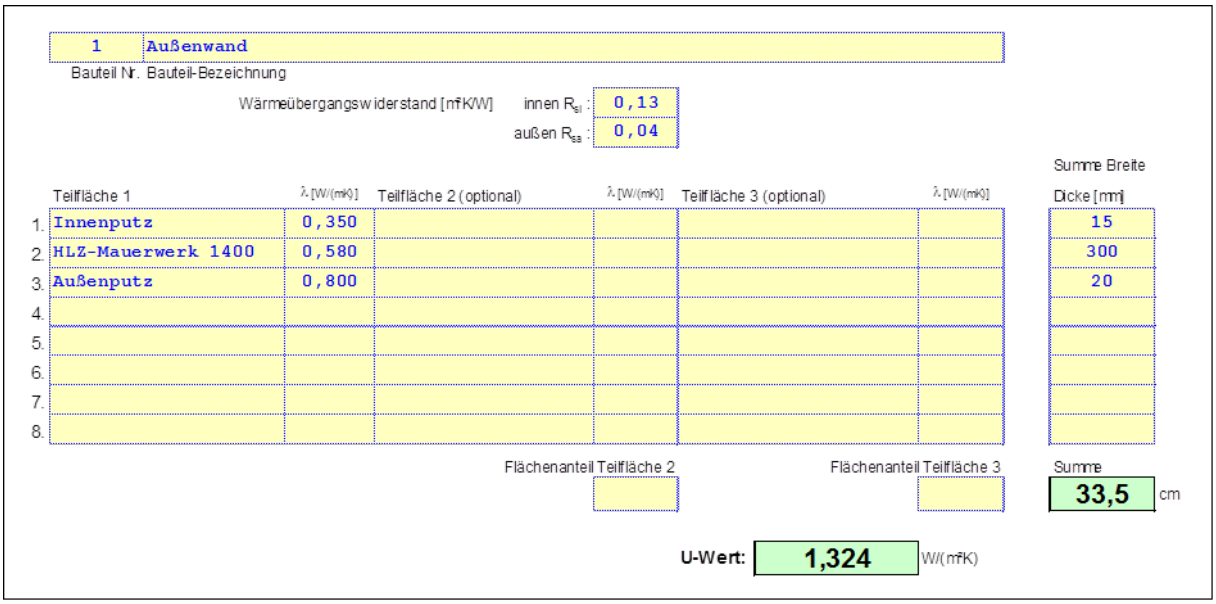
Bauteil: AW01 Nord / AW01 Ost / AW01 Süd / AW01 West — Fläche / Ausrichtung: 262,59 m² N; 77,81 m² O; 282,74 m² S; 77,81 m² W



Nr.	Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlass-widerstand
		cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W
1	Kalkzementputz (Eigener, veränderter oder sonstiger Baustoff)	1,50	0,350	1800,0	0,04
2	Hochlochziegelmauerwerk (1400 kg/m³) (Katalog "ÖNORM V 31", Kennung: 1.106.008)	30,00	0,580	1400,0	0,52
3	Kalkzementputz (1800 kg/m³) (Katalog "ÖNORM V 31", Kennung: 2.210.008)	2,00	0,800	1800,0	0,03
					R_k = 0,59
					R_{si} = 0,13
					R_{se} = 0,04

Bauteilfläche		spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissions-wärmeverlust		wirksame Wärme-speicherfähigkeit		U - Wert
700,94 m²	33,0 %	483,0 kg/m²	928,28 W/K	34,5 %	$C_{wirk,B}$ =	0 kJ/K	1,32 W/m²K
					$m_{wirk,B}$ =	0 kg	

Abbildung 29: U-Wert-Berechnung nach OIB-Richtlinie 6 für die Außenwand im unsanierten Zustand: 1,32 W/m^{2}K



	1	Außenwand						
	Bauteil Nr.	Bauteil-Bezeichnung						
	Wärmeübergangswiderstand [m²K/W]		innen R_{si} :	0,13				
			außen R_{se} :	0,04				
	Teilfläche 1	λ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]	
1.	Innenputz	0,350					15	
2.	HLZ-Mauerwerk 1400	0,580					300	
3.	Außenputz	0,800					20	
4.								
5.								
6.								
7.								
8.								
			Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe	
							33,5	cm
				U-Wert:	1,324	W/(m²K)		

Abbildung 30: U-Wert-Berechnung nach PHPP für die Außenwand im unsanierten Zustand. In die Tabelle werden die einzelnen Konstruktionsschichten mit ihrem Lambda-Wert und der jeweiligen Materialdicke eingetragen. In Verbindung mit den Wärmeübergangswiderständen innen und außen ergibt sich ein U-Wert von 1,32 W/m^{2}K

4.1.2 Sanierung der Außenwand mit einem Wärmedämmverbundsystem

Die Putzfassade wurde mit einem Wärmedämmverbundsystem saniert. Grundsätzlich können auch andere Sanierungsvarianten gewählt werden, z. B. eine Vorhangfassade oder eine Holzkonstruktion, die als vorgefertigtes Element inklusive der Fenster sehr schnell montiert werden kann und damit für einen günstigen Bauablauf sorgt. Zudem können bei einer solchen Konstruktion Dämmmaterialien mit besonders guten primärenergetischen Kennwerten, wie z. B. Zellulosedämmung, verwendet werden.

Beim Projekt „Kollwitzstraße“ wurde ein WDVS gewählt, da es die wirtschaftlichste Lösung darstellte. Dazu wurde Wärmedämmung aus Polystyrol mit einer Dämmdicke von 20 cm auf den Untergrund verklebt und verdübelt. Die Wärmeleitfähigkeit des Polystyrol-Dämmstoffs beträgt λ = 0,035 W/mK. Die Oberfläche erhielt eine Sicherung mit Dübeln in der bestehenden Wand sowie Spachtelung und Putzbewehrung. Nach Abtrocknung dieser Schicht wurde der Oberputz mit Kratzputzstruktur und 2 mm Körnung ausgeführt.

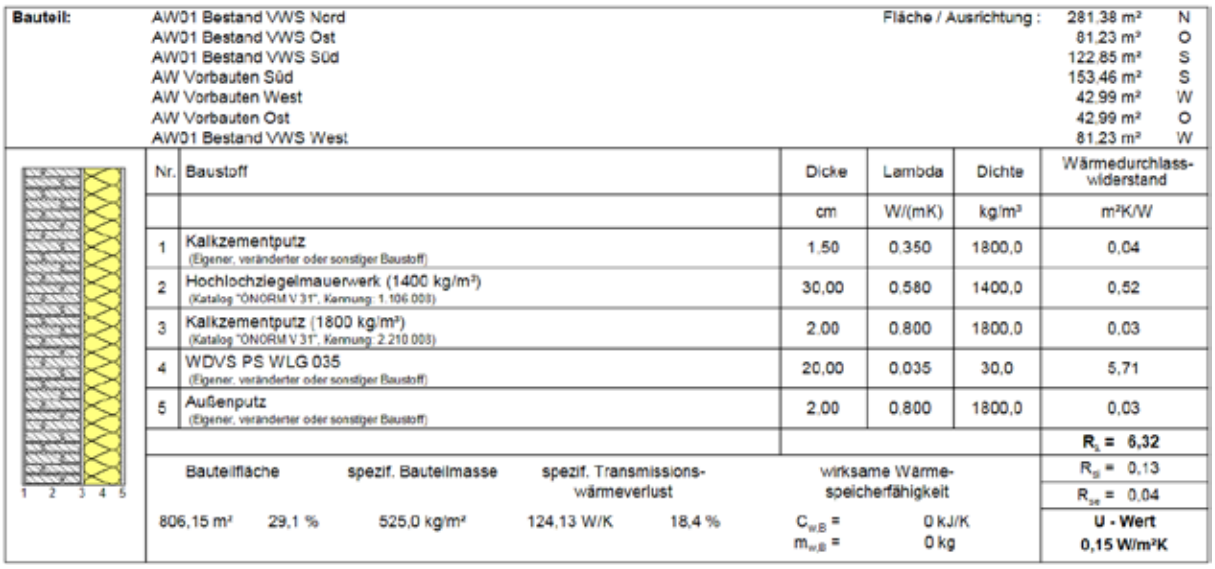
Tipp …

… zum Verhindern von Feuchte

Es ist sinnvoll, einen mineralischen Dickputz mit etwa 10 mm Dicke auf die Dämmung aufzutragen, denn die höhere Masse vermindert den nächtlichen Auskühleffekt, der zu Kondenswasserniederschlag führen könnte. In Verbindung mit dem sorptionsfähigen mineralischen Aufbau kann die Gefahr von Algenbildung deutlich gesenkt werden.

Spechte können WDVS-Fassaden beschädigen, finden diese aber nicht mehr attraktiv, wenn die Putzdicke größer ist. Ein nicht ganz heller Farbton sorgt zudem für eine erhöhte Wärmeaufnahme bei solarer Einstrahlung, was ebenfalls die Feuchtebilanz verbessert. (Allerdings sorgen dunklere Fassaden für höhere Temperaturspannungen, weil sich die Fassade stärker aufheizt.)

Die U-Wert-Berechnung für die sanierte Außenwand wird in der folgenden Abbildung dargestellt. Der resultierende Wert nach der Sanierung beträgt 0,15 W/m²K.

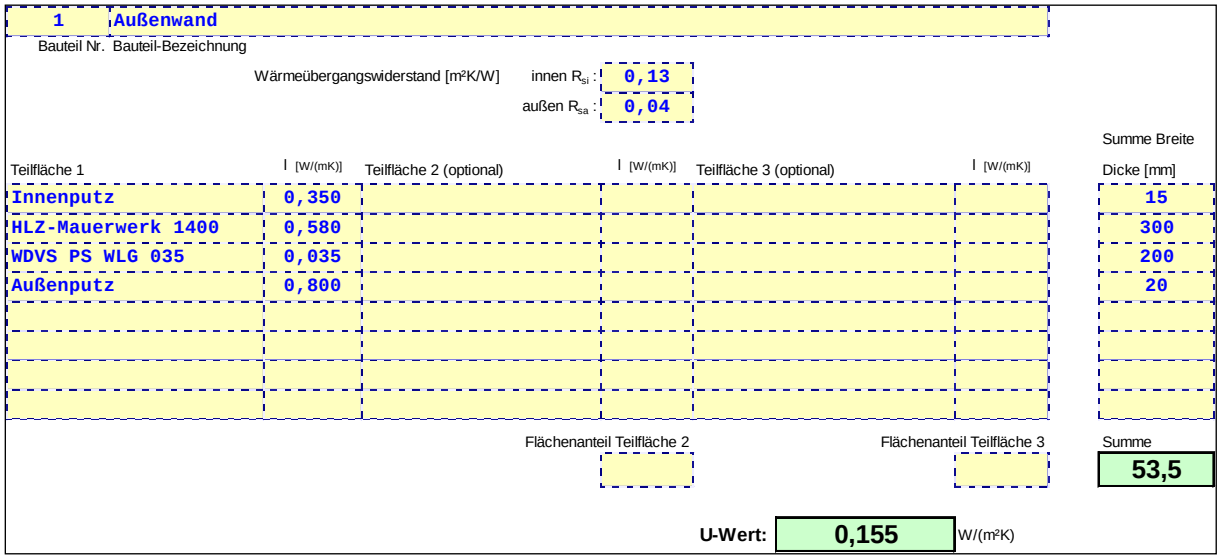


Bauteil:		Fläche / Ausrichtung :	
	AW01 Bestand VWS Nord	281,38 m²	N
	AW01 Bestand VWS Ost	81,23 m²	O
	AW01 Bestand VWS Süd	122,85 m²	S
	AW Vorbauten Süd	153,46 m²	S
	AW Vorbauten West	42,99 m²	W
	AW Vorbauten Ost	42,99 m²	O
	AW01 Bestand VWS West	81,23 m²	W

Nr.	Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlass-widerstand
		cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W
1	Kalkzementputz (Eigener, veränderter oder sonstiger Baustoff)	1,50	0,350	1800,0	0,04
2	Hochlochziegelmauerwerk (1400 kg/m³) (Katalog "ÖNORM V 31", Kennung: 1.106.003)	30,00	0,580	1400,0	0,52
3	Kalkzementputz (1800 kg/m³) (Katalog "ÖNORM V 31", Kennung: 2.210.003)	2,00	0,800	1800,0	0,03
4	WDVS PS WLG 035 (Eigener, veränderter oder sonstiger Baustoff)	20,00	0,035	30,0	5,71
5	Außenputz (Eigener, veränderter oder sonstiger Baustoff)	2,00	0,800	1800,0	0,03
					R_t = 6,32

Bauteilfläche		spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissions-wärmeverlust		wirksame Wärme-speicherfähigkeit		R_{si} = 0,13 / R_{se} = 0,04
806,15 m²	29,1 %	525,0 kg/m²	124,13 W/K	18,4 %	C_{wirk} =	0 kJ/K	U - Wert
					m_{wirk} =	0 kg	0,15 W/m²K

Abbildung 31: U-Wert-Berechnung nach OIB-Richtlinie 6 mit dem Konstruktionsaufbau nach Sanierung: 20 cm Wärmedämmung mit optimierter Wärmeleitfähigkeit sorgen in Verbindung mit der bestehenden Wandkonstruktion für einen Kennwert von 0,15 W/m²K (Anmerkung zum Aufbau: In Österreich wird der Außenputz nur abgeschlagen, wenn er feucht oder stark beschädigt ist)



1	Außenwand
Bauteil Nr.	Bauteil-Bezeichnung

Wärmeübergangswiderstand [m²K/W] innen R_{si} : 0,13 außen R_{sa} : 0,04

Teilfläche 1	λ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
Innenputz	0,350					15
HLZ-Mauerwerk 1400	0,580					300
WDVS PS WLG 035	0,035					200
Außenputz	0,800					20

Flächenanteil Teilfläche 2 | Flächenanteil Teilfläche 3 | Summe 53,5

U-Wert: 0,155 W/(m²K)

Abbildung 32: U-Wert-Berechnung nach PHPP mit dem Konstruktionsaufbau nach Sanierung: 20 cm Wärmedämmung mit optimierter Wärmeleitfähigkeit sorgen in Verbindung mit der bestehenden Wandkonstruktion für einen Kennwert von 0,15 W/m²K.

4.1.3 Errichtung von Vorbauten

Auf der Südseite des Gebäudes wurden neue Vorbauten errichtet. Sie wurden mit Kalksandsteinmauerwerk mit einer Dicke von 17,5 cm ausgeführt. In Verbindung mit einem WDVS mit 24 cm Dämmdicke und λ = 0,035 W/mK ergibt sich ein U-Wert von 0,14 W/m²K, bei Verwendung von Dämmmaterial mit λ = 0,032 W/mK reduziert sich der U-Wert auf 0,125 W/m²K.

Abbildung 33: Abbruch der Fensterbrüstungen auf der Südseite, um in diesem Bereich die Vorbauten anzufügen. Die Außenwand wurde über Stahlträger auf Raumbreite abgefangen

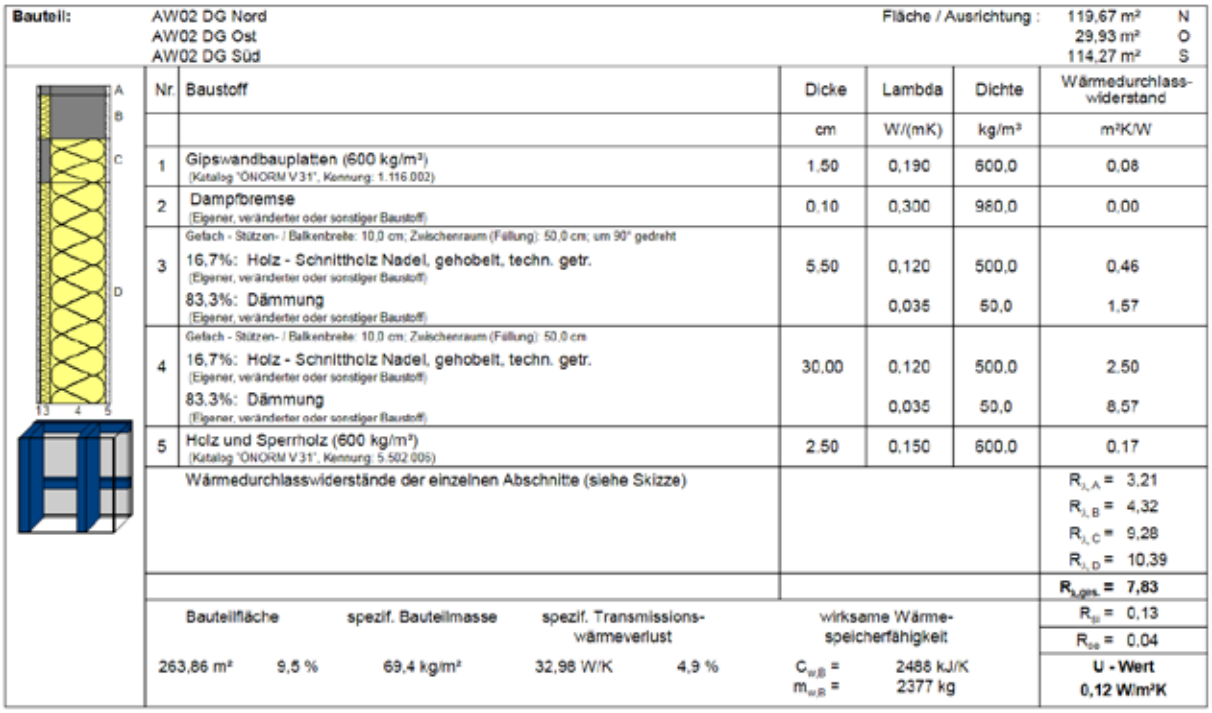
Abbildung 34: Baustellenfoto nach Errichtung des Rohbaus für die Vorbauten

4.1.4 Aufstockung mit neuen Außenwänden im Dachgeschoß

Im konkreten Fall war vom Bauträger eine Aufstockung um ein Dachgeschoß in Passivhaus-Qualität gewünscht worden.

Durch die Aufstockung des Gebäudes in Passivhaus-Bauweise wird die Oberste Geschoßdecke nach oben hin optimal indirekt gedämmt. Durch die vorgefertigte Holzbauweise können optimierte Passivhaus-Konstruktionen zur Anwendung kommen: Die Außenwände der Aufstockung wurden in Holztafelbauweise erstellt mit einem U-Wert von

0,12 W/m²K. Die Verkleidung erfolgte mit einer hinterlüfteten, vorgehängten Fassade mit Alu-Wellplatten.[11]



Bauteil:	AW02 DG Nord AW02 DG Ost AW02 DG Süd				Fläche / Ausrichtung :	119,67 m² N 29,93 m² O 114,27 m² S
	Nr.	Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlass-widerstand
			cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W
	1	Gipswandbauplatten (600 kg/m³) (Katalog "ÖNORM V 31", Kennung: 1.116.002)	1,50	0,190	600,0	0,08
	2	Dampfbremse (Eigener, veränderter oder sonstiger Baustoff)	0,10	0,300	960,0	0,00
	3	Gefach - Stützen- / Balkenbreite: 10,0 cm; Zwischenraum (Füllung): 50,0 cm; um 90° gedreht 16,7%: Holz - Schnittholz Nadel, gehobelt, techn. getr. (Eigener, veränderter oder sonstiger Baustoff) 83,3%: Dämmung (Eigener, veränderter oder sonstiger Baustoff)	5,50	0,120 0,035	500,0 50,0	0,46 1,57
	4	Gefach - Stützen- / Balkenbreite: 10,0 cm; Zwischenraum (Füllung): 50,0 cm 16,7%: Holz - Schnittholz Nadel, gehobelt, techn. getr. (Eigener, veränderter oder sonstiger Baustoff) 83,3%: Dämmung (Eigener, veränderter oder sonstiger Baustoff)	30,00	0,120 0,035	500,0 50,0	2,50 8,57
	5	Holz und Sperrholz (600 kg/m³) (Katalog "ÖNORM V 31", Kennung: 5.502.005)	2,50	0,150	600,0	0,17
		Wärmedurchlasswiderstände der einzelnen Abschnitte (siehe Skizze)				$R_{\lambda,A}$ = 3,21 $R_{\lambda,B}$ = 4,32 $R_{\lambda,C}$ = 9,28 $R_{\lambda,D}$ = 10,39
						$R_{\lambda,ges}$ = 7,83
	Bauteilfläche	spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissions-wärmeverlust	wirksame Wärme-speicherfähigkeit		R_{si} = 0,13
	263,86 m² 9,5 %	69,4 kg/m²	32,98 W/K 4,9 %	C_{wirk} = 2488 kJ/K m_{wirk} = 2377 kg		R_{se} = 0,04 **U - Wert** **0,12 W/m²K**

Abbildung 35: U-Wert-Berechnung nach OIB-Richtlinie 6 für die neue Außenwand des Dachgeschoßes mit dem Ergebnis von 0,12 W/m²K (Unterschiede zum PHPP bei den Lambda-Werten ergeben sich dadurch, dass diese im hier verwendeten Energieausweisprogramm vorgegeben sind)

1	Außenwand Holzrahmenbau					
Bauteil Nr.	Bauteil-Bezeichnung					
Wärmeübergangswiderstand [m²K/W]		innen R_{si} :	0,10			
		außen R_{sa} :	0,04			
						Summe Breite
Teilfläche 1	[W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	[W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	[W/(mK)]	Dicke [mm]
Gipskartonplatte	0,700	Gipskartonplatte	0,700			15
Dampfbremse	0,300	Dampfbremse	0,300			1
Dämmung	0,035	Konstruktionsholz	0,130			55
Holzwerkstoff	0,180	Holzwerkstoff	0,180			20
Dämmung	0,035	Konstruktionsholz	0,130			300
Schalung	0,130	Schalung	0,130			25
		Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
			10,0%			41,6
		U-Wert:	0,117	W/(m²K)		

Abbildung 36: U-Wert-Berechnung nach PHPP mit Aufbau der Holzrahmenkonstruktion der Außenwand im Dachgeschoß; der Anteil an Konstruktionshölzern in der Fassade wurde durch schlanke Profile relativ gering gehalten

[11] Die Aluwelle wurde in der Energieausweisberechnung vernachlässigt. In einer Gesamtbilanzierung der Primärenergie, die für die Herstellung der Baustoffe eingesetzt wurde, erweist sich der Einsatz von Metall als besonders energierelevant. Daten siehe www.baubook.at à PEI.

Abbildung 37: Das Baustellenfoto zeigt den errichteten Dachgeschoßaufbau ohne den kompletten Fassadenaufbau

Abbildung 38: Verkleidung mit Vorhangfassade

Abbildung 39: Anbringen einer Alu-Wellplatte

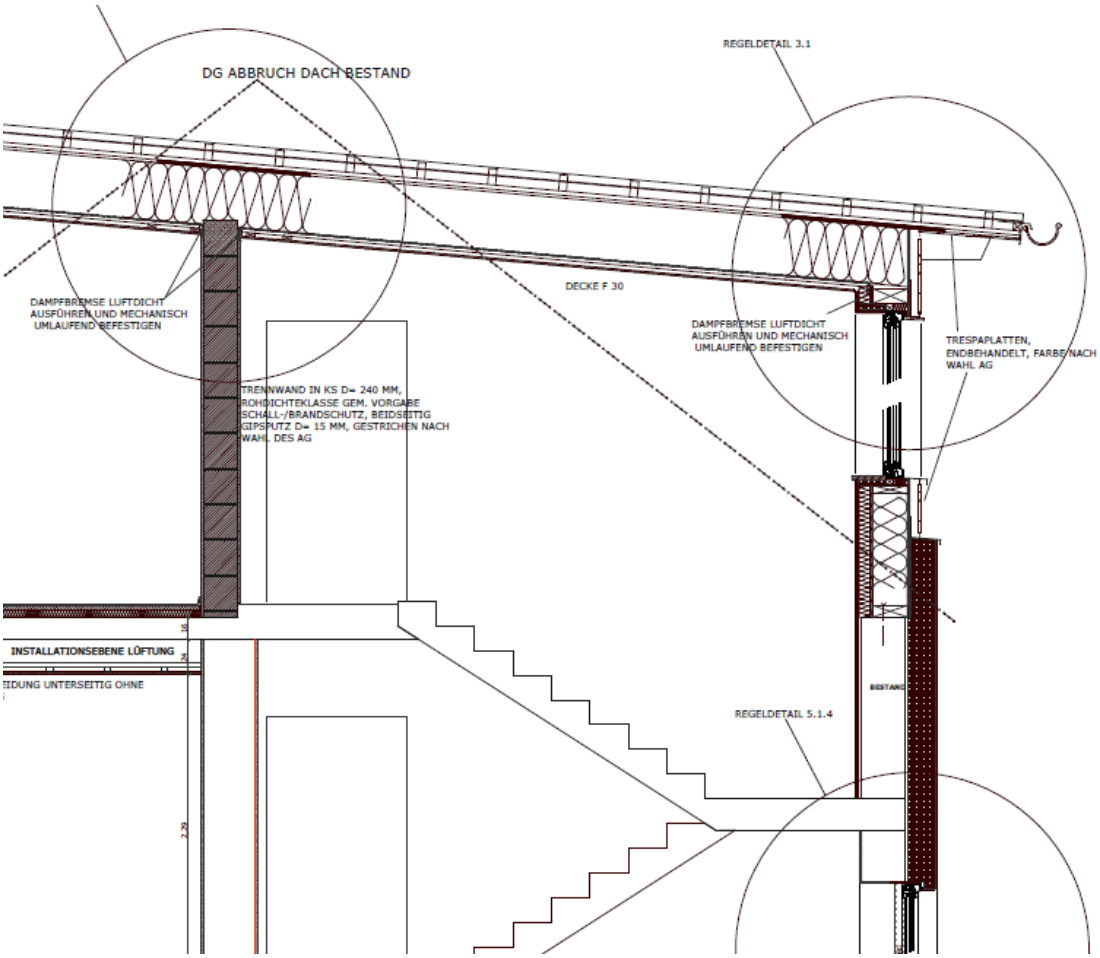

DG ABBRUCH DACH BESTAND
REGELDETAIL 3.1
DECKE F 30
DAMPFBREMSE LUFTDICHT AUSFÜHREN UND MECHANISCH UMLAUFEND BEFESTIGEN
DAMPFBREMSE LUFTDICHT AUSFÜHREN UND MECHANISCH UMLAUFEND BEFESTIGEN
TRESPAPLATTEN, ENDBEHANDELT, FARBE NACH WAHL AG
TRENNWAND IN KS D= 240 MM, ROHDICHTEKLASSE GEM. VORGABE SCHALL-/BRANDSCHUTZ, BEIDSEITIG GIPSPUTZ D= 15 MM, GESTRICHEN NACH WAHL DES AG
INSTALLATIONSEBENE LÜFTUNG
REGELDETAIL 5.1.4

Abbildung 40: Dieses Detail zeigt den Übergang des neuen Daches in die neu errichtete Wand der Nordfassade. Auch der Übergang vom Bestand in die Aufstockung wird unterhalb des Fensters gezeigt

4.2 Dach / Oberste Geschoßdecke

4.2.1 Bestandssituation vor der Sanierung

Beim Bestandsgebäude in der „Kollwitzstraße“ stellte die Oberste Geschoßdecke über dem zweiten Obergeschoß die Abgrenzung zum kalten Bereich dar.

Abbildung 41: Dachboden vor der Sanierung

Die Konstruktion bestand aus einer Stahlbetondecke, auf der eine dünne Dämmung in Verbindung mit einer abschließenden Estrichlage aufgebracht war. Diese Dämmung, die gleichzeitig als Trittschallschutz diente, bestand aus Mineralwolle. Die Überprüfung an zwei Kontrollstellen ergab eine Dämmdicke, die bei gerade einmal 25 mm lag. Die eingebaute Mineralwolle hatte sich offensichtlich gegenüber dem Einbauzustand gesetzt. Für die U-Wert-Berechnung, die in der folgenden Tabelle dargestellt ist, wurde ein gegenüber dem Originalzustand eher ungünstigerer Wert für die Wärmeleitfähigkeit angesetzt. Der Bestands-U-Wert liegt bei 1,20 W/m^{2}K. Die Wärmeverluste über die Oberste Geschoßdecke betragen im Bestand insgesamt etwa ein Fünftel der gesamten Transmissionswärmeverluste.

Bauteil: Decke gegen Dachraum — Fläche: 433,83 m²

Nr.	Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlass-widerstand
		cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W
1	Estrich (Eigener, veränderter oder sonstiger Baustoff)	3,50	1,050	1800,0	0,03
2	Trittschalldämmung (Eigener, veränderter oder sonstiger Baustoff)	2,50	0,050	110,0	0,50
3	Beton (Eigener, veränderter oder sonstiger Baustoff)	16,00	2,100	2400,0	0,08
4	Kalkzementputz (Eigener, veränderter oder sonstiger Baustoff)	2,00	0,800	1800,0	0,03
					R_λ = 0,63
					R_{si} = 0,10
					R_{se} = 0,10

Bauteilfläche		spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissions-wärmeverlust		wirksame Wärme-speicherfähigkeit		U - Wert
433,83 m²	20,4 %	485,8 kg/m²	519,85 W/K	19,3 %	$C_{w,B}$ =	0 kJ/K	1,20 W/m²K
					$m_{w,B}$ =	0 kg	

Abbildung 42: Berechnung der Bestandssituation für die Decke des Obersten Geschoßes nach OIB-Richtlinie 6. Der U-Wert beträgt 1,20 W/m^{2}K

3 Decke über OG

Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung

Wärmeübergangswiderstand [m²K/W] innen R_{si}: 0,10; außen R_{se}: 0,10

	Teilfläche 1	λ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1.	Estrich	1,050					35
2.	Trittschalldämmung	0,050					25
3.	Betondecke	2,100					160
4.	Putz	0,800					20
5.							
6.							
7.							
8.							

Flächenanteil Teilfläche 2 | Flächenanteil Teilfläche 3 | Summe 24,0 cm

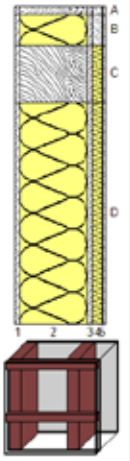
U-Wert: 1,198 W/(m²K)

Abbildung 43: Berechnung der Bestandssituation für die Decke des Obersten Geschoßes nach PHPP. Der U-Wert beträgt 1,20 W/m^{2}K

4.2.2 Errichten einer Dachgeschoßaufstockung in Passivhaus-Qualität

Die vorhandene Satteldachkonstruktion sowie der beschriebene Estrichaufbau wurden entfernt. Stattdessen erhielten die Gebäude eine neue, vorgefertigte Pultdachkonstruktion mit Sparren aus Brettschichtholz. Die Montage erfolgte pro Hausteil innerhalb von zwei Tagen. Die Dämmung besteht aus 42,5 cm Mineralwolle mit einer Wärmeleitfähigkeit von λ = 0,035 W/mK und führt zu einem hervorragenden U-Wert von 0,11 W/m^{2}K.

Bauteil: Pultdach — Fläche / Ausrichtung: 483,86 m² N



Nr.	Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlass-widerstand
		cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W
1	Holz (Eigener, veränderter oder sonstiger Baustoff)	2,50	0,150	600,0	0,17
2	Gefach - Stützen- / Balkenbreite: 13,0 cm; Zwischenraum (Füllung): 50,0 cm 20,6%: Holz (Eigener, veränderter oder sonstiger Baustoff) 79,4%: Dämmung (Eigener, veränderter oder sonstiger Baustoff)	37,00	0,130 0,035	600,0 50,0	2,85 10,57
3	Holz (Eigener, veränderter oder sonstiger Baustoff)	2,50	0,150	600,0	0,17
4	Gefach - Stützen- / Balkenbreite: 7,3 cm; Zwischenraum (Füllung): 50,0 cm; um 90° gedreht 12,3%: Holz (Eigener, veränderter oder sonstiger Baustoff) 87,7%: Dämmung (Eigener, veränderter oder sonstiger Baustoff)	5,50	0,130 0,035	600,0 50,0	0,42 1,57
5	Dampfbremse (Eigener, veränderter oder sonstiger Baustoff)	0,10	0,300	980,0	0,00
6	Gipswandbauplatten (600 kg/m³) (Katalog "ÖNORM V 31", Kennung: 1.116.082)	1,50	0,190	600,0	0,08
	Wärmedurchlasswiderstände der einzelnen Abschnitte (siehe Skizze)				$R_{1,A}$ = 3,68 $R_{1,B}$ = 11,41 $R_{1,C}$ = 4,83 $R_{1,D}$ = 12,56
					$R_{1,ges}$ = 8,82
					R_{si} = 0,10
					R_{se} = 0,04

Bauteilfläche		spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissions-wärmeverlust		wirksame Wärme-speicherfähigkeit		U - Wert
483,86 m²	17,5 %	106,9 kg/m²	54,01 W/K	8,0 %	$C_{W,B}$ =	174 kJ/K	0,11 W/m²K
					$m_{W,B}$ =	166 kg	

Abbildung 44: U-Wert-Berechnung nach OIB-Richtlinie 6 mit Konstruktionsaufbau der Dachkonstruktion in Holztafelbauweise mit dem Ergebnis von 0,11 W/m²K (Unterschiede zum PHPP bei den Lambda-Werten – und damit auch beim U-Wert – ergeben sich dadurch, dass diese im hier verwendeten Energieausweisprogramm vorgegeben sind)

4 Dachschräge

Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung

Wärmeübergangswiderstand [m²K/W] innen R_{si}: 0,10

außen R_{se}: 0,04

	Teilfläche 1	λ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1.	Gipskartonplatte	0,190	Gipskartonplatte	0,190			15
2.	Dampfbremse	0,300	Dampfbremse	0,300			1
3.	Dämmung	0,035	Konstruktionsholz	0,130			55
4.	Holzwerkstoff	0,150	Holzwerkstoff	0,150			25
5.	Dämmung	0,035			Konstruktionsholz	0,130	370
6.	Schalung	0,130	Schalung	0,130			25
7.							
8.							

Flächenanteil Teilfläche 2: 12,0%

Flächenanteil Teilfläche 3: 20,0%

Summe: 49,1 cm

U-Wert: 0,110 W/(m²K)

Abbildung 45: U-Wert-Berechnung nach PHPP mit Konstruktionsaufbau der Dachkonstruktion in Holztafelbauweise mit dem Ergebnis von 0,10 W/m²K

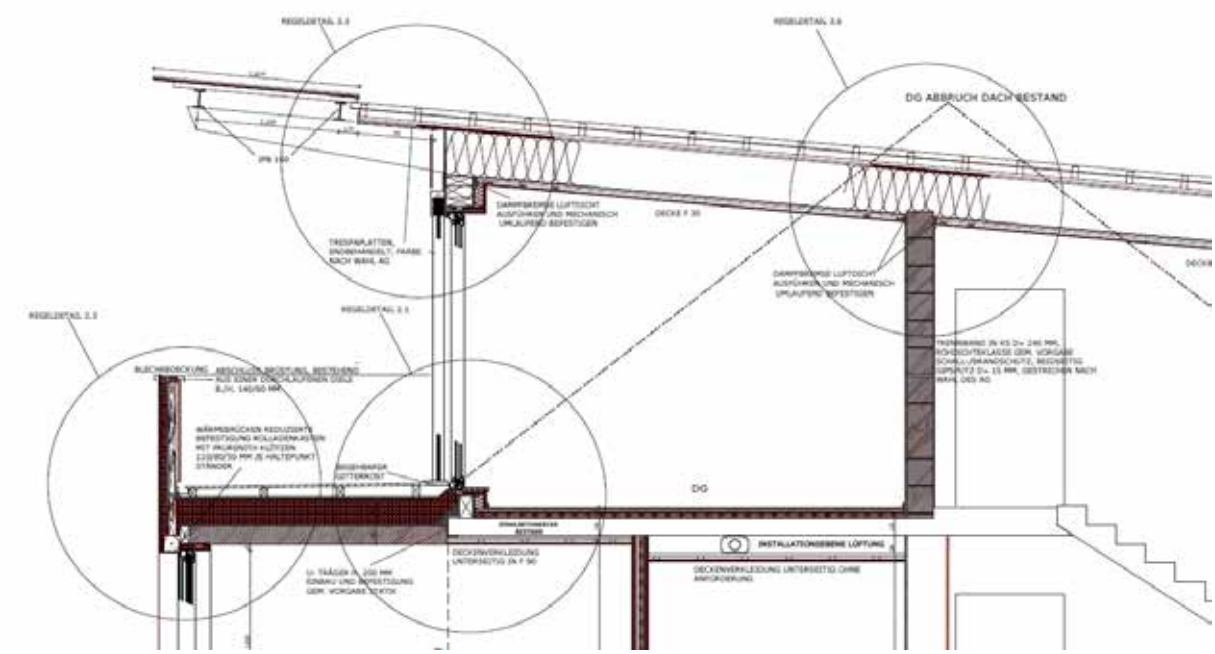


Abbildung 46: Detailschnitt zur Aufstockung: Sowohl die vorgefertigte Passivhaus-Konstruktion des Daches ist zu erkennen als auch der Aufbau der Dachterrasse als Warmdach

4.3 Kellerdecke

Grundsätzliches …

… zur Kellerdecke

Wie kann eine Kellerdecke gedämmt werden?

Bei Kellerdecken wird die Dämmung in den meisten Fällen von unten angebracht, indem Dämmplatten verklebt, verdübelt oder abgehängt werden. Alternativ oder ergänzend dazu kann auch unter dem Estrich im Erdgeschoß gedämmt werden, diese Variante ist aber aufwendiger und daher nur zu empfehlen, wenn der Estrich ohnehin neu gemacht werden soll. Zu beachten ist bei der zweiten Variante auch, dass das Fußbodenniveau durch die zusätzliche Dämmschicht erhöht wird. Bei Holzbalkenkonstruktionen kann (zusätzlich) auch zwischen den Balken gedämmt werden.

Mehr dazu: Modul Hocheffiziente Sanierung, www.e-genius.at.

4.3.1 Bestandssituation vor der Sanierung

Der Keller war in einer äußerst sparsamen Ausführung realisiert. Die Konstruktionsaufbauten der Wände und Bodenplatte waren technisch einfach, und die Raumhöhe liegt gerade einmal knapp über 2,00 m. Die Kellerdecke ist wie die Geschoßdecken als Stahlbetondecke mit 16 cm Dicke ausgeführt.

Bauteil:	Fußboden gegen ungedämmten Keller				Fläche :	433,83 m²
	Nr.	Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlass-widerstand
			cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W
	1	Belag (Eigener, veränderter oder sonstiger Baustoff)	0,50	0,130	1200,0	0,04
	2	Zementestrich (1800 kg/m³) (Eigener, veränderter oder sonstiger Baustoff)	4,00	1,050	1800,0	0,04
	3	Trittschalldämmung (Eigener, veränderter oder sonstiger Baustoff)	1,50	0,050	10,0	0,30
	4	Betondecke (Eigener, veränderter oder sonstiger Baustoff)	16,00	2,100	2300,0	0,08
						R_k = 0,45
						R_{si} = 0,17
						R_{se} = 0,17
	Bauteilfläche	spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissions-wärmeverlust	wirksame Wärme-speicherfähigkeit		U - Wert
	433,83 m² 20,4 %	446,2 kg/m²	547,25 W/K 20,3 %	$C_{w,B}$ = 0 kJ/K $m_{w,B}$ = 0 kg		1,26 W/m²K

Abbildung 47: U-Wert-Berechnung der Kellerdecke im Bestand nach OIB-Richtlinie 6

2	Kellerdecke

Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung

Wärmeübergangswiderstand [m²K/W] innen R_{si} : 0,17

außen R_{se} : 0,17

	Teilfläche 1	λ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1.	Belag	0,130					5
2.	Estrich	1,050					40
3.	Trittschalldämmung	0,050					15
4.	Betondecke	2,100					160
5.							
6.							
7.							
8.							

Flächenanteil Teilfläche 2 | Flächenanteil Teilfläche 3 | Summe 22,0 cm

U-Wert: 1,261 W/(m²K)

Abbildung 48: U-Wert-Berechnung der Kellerdecke im Bestand nach PHPP

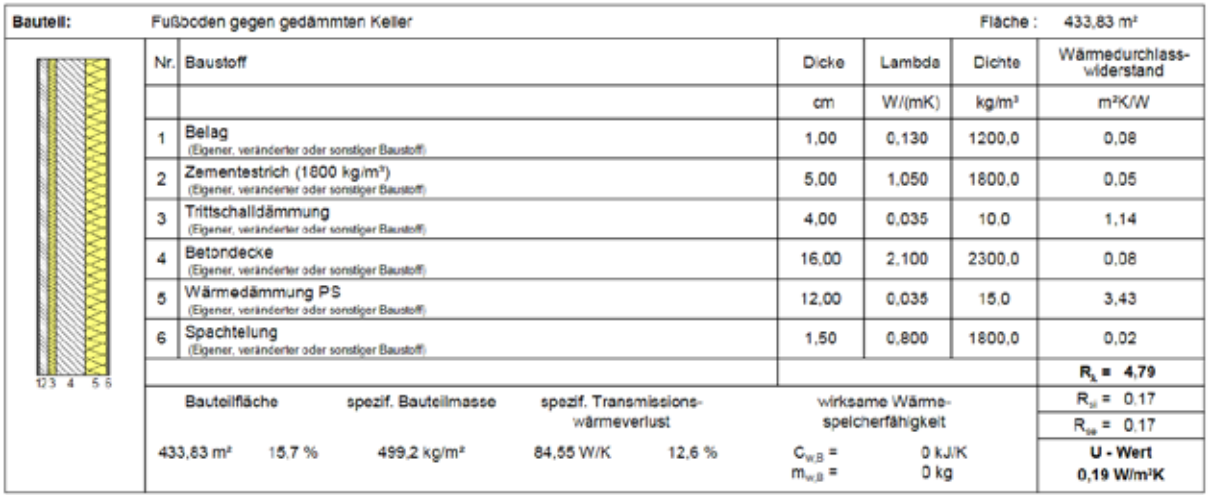
Vertiefung …

… zur Kellerdecke

Für die Sanierung ist die Stahlbetonvariante deutlich günstiger als Geschoßdecken aus Trägern mit eingelegten Stahlbeton-Hourdis (Stahlbeton-Rippendecke). Trägerdecken stellen eine besondere Herausforderung hinsichtlich der Führung von neuen Gebäudetechnikleitungen dar. Das gilt sowohl für die Auswechslung als auch für die Positionierung, zumal wenn die Lage der Träger von Geschoß zu Geschoß verspringt.

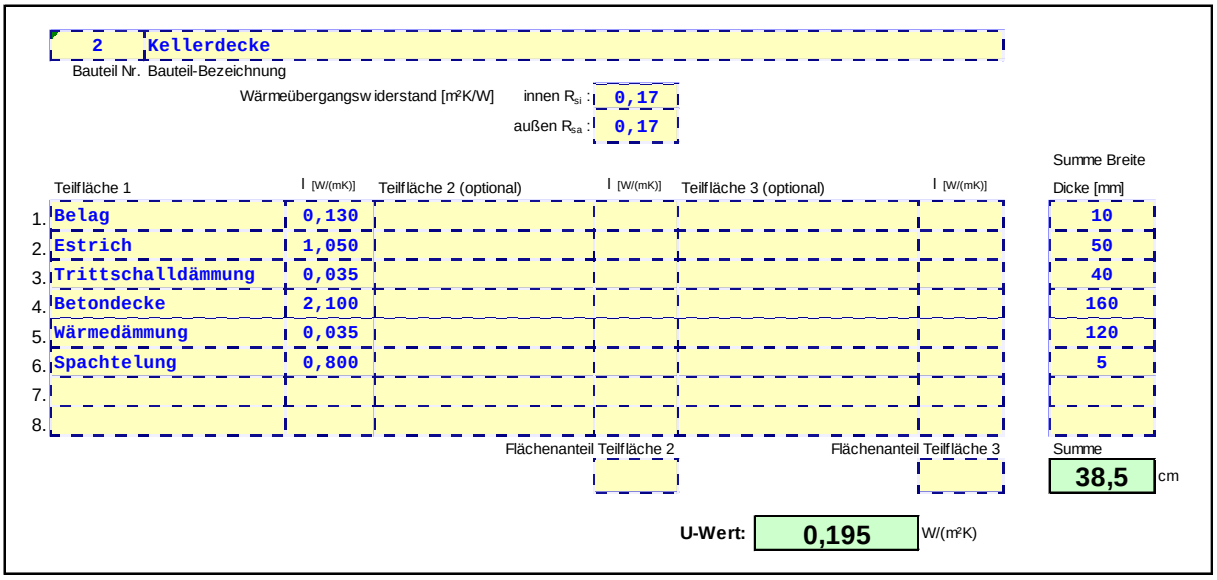
4.3.2 Sanierung mit Dämmung unterhalb und oberhalb der Kellerdecke

Aufgrund der geringen Raumhöhe im Keller musste die Dämmdicke unterhalb der Kellerdecke auf 12 cm mit l = 0,035 W/mK begrenzt werden. Im Gang wurde nur eine Höhe von 10 cm montiert, wobei aus Brandschutzgründen Mineralwolle zum Einsatz kam. Dazu kommen 5 cm oberhalb der Decke als Dämmlage unter dem Estrich, sodass eine Gesamtdämmdicke von 15 bis 17 cm erreicht wird. Der resultierende U-Wert für die wesentlichen Flächen liegt bei 0,19 W/m^{2}K.



Bauteil:	Fußboden gegen gedämmten Keller				Fläche:	433,83 m²
	Nr.	Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlass-widerstand
			cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W
	1	Belag (Eigener, veränderter oder sonstiger Baustoff)	1,00	0,130	1200,0	0,08
	2	Zementestrich (1800 kg/m³) (Eigener, veränderter oder sonstiger Baustoff)	5,00	1,050	1800,0	0,05
	3	Trittschalldämmung (Eigener, veränderter oder sonstiger Baustoff)	4,00	0,035	10,0	1,14
	4	Betondecke (Eigener, veränderter oder sonstiger Baustoff)	16,00	2,100	2300,0	0,08
	5	Wärmedämmung PS (Eigener, veränderter oder sonstiger Baustoff)	12,00	0,035	15,0	3,43
	6	Spachtelung (Eigener, veränderter oder sonstiger Baustoff)	1,50	0,800	1800,0	0,02
						R_k = 4,79
	Bauteilfläche	spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissions-wärmeverlust		wirksame Wärme-speicherfähigkeit	R_{si} = 0,17
	433,83 m² 15,7 %	499,2 kg/m²	84,55 W/K 12,6 %		C_{wirk} = 0 kJ/K m_{wirk} = 0 kg	R_{se} = 0,17 **U - Wert 0,19 W/m²K**

Abbildung 49: Berechnung der Sanierungsvariante für die Dämmung der Kellerdecke nach OIB-Richtlinie 6: Unterhalb der Kellerdecke werden 12 cm Dämmung aufgebracht, oberhalb als Estrichdämmung 4 cm (Unterschiede zum PHPP bei den Lambda-Werten ergeben sich dadurch, dass diese im hier verwendeten Energieausweisprogramm vorgegeben sind)



2	Kellerdecke							
Bauteil Nr.	Bauteil-Bezeichnung							
Wärmeübergangswiderstand [m²K/W]	innen R_{si}:	0,17						
	außen R_{sa}:	0,17						
	Teilfläche 1	[W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	[W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	[W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]	
1.	Belag	0,130					10	
2.	Estrich	1,050					50	
3.	Trittschalldämmung	0,035					40	
4.	Betondecke	2,100					160	
5.	Wärmedämmung	0,035					120	
6.	Spachtelung	0,800					5	
7.								
8.								
			Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe	
							38,5	cm
U-Wert:	0,195	W/(m²K)						

Abbildung 50: Berechnung der Sanierungsvariante für die Dämmung der Kellerdecke nach PHPP: Unterhalb der Kellerdecke werden 12 cm Dämmung aufgebracht, oberhalb als Trittschalldämmung 4 cm

4.3.2.1 Verteilleitungen für Heizung und Warmwasser im Keller

Die Versorgungsleitungen für Heizung und Warmwasser wurden innerhalb der unterseitigen Dämmung verlegt, damit sie geschützt im warmen Bereich verlaufen können.

Die Hauptleitungen liegen auf der Südseite vor den Fenstern in einem Bereich, der nicht begangen werden muss und dadurch eine geringere lichte Höhe aufweisen kann. Die Dämmdicke beträgt daher insgesamt bis zu 25 cm, und die Leitungen zum Keller sind ausreichend mit Dämmung überdeckt. Der U-Wert liegt im Bereich der Leitungstrassen bei 0,13 W/m^{2}K.

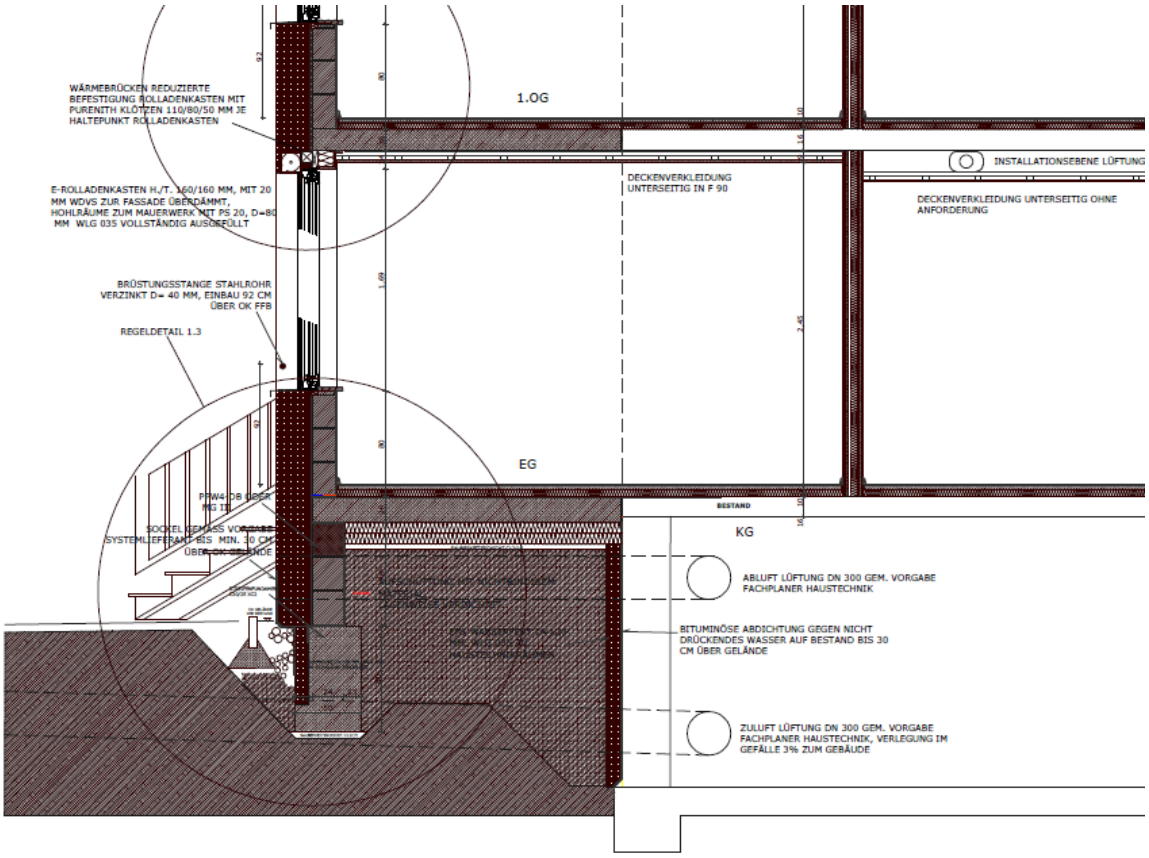

WÄRMEBRÜCKEN REDUZIERTE BEFESTIGUNG ROLLADENKASTEN MIT PURENITH KLÖTZEN 110/80/50 MM JE HALTEPUNKT ROLLADENKASTEN
E-ROLLADENKASTEN H./T. 160/160 MM, MIT 20 MM WDVS ZUR FASSADE ÜBERDÄMMT, HOHLRÄUME ZUM MAUERWERK MIT PS 20, D=80 MM WLG 035 VOLLSTÄNDIG AUSGEFÜLLT
BRÜSTUNGSSTANGE STAHLROHR VERZINKT D= 40 MM, EINBAU 92 CM ÜBER OK FFB
REGELDETAIL 1.3
1.OG
DECKENVERKLEIDUNG UNTERSEITIG IN F 90
INSTALLATIONSEBENE LÜFTUNG
DECKENVERKLEIDUNG UNTERSEITIG OHNE ANFORDERUNG
EG
KG
BESTAND
ABLUFT LÜFTUNG DN 300 GEM. VORGABE FACHPLANER HAUSTECHNIK
BITUMINÖSE ABDICHTUNG GEGEN NICHT DRÜCKENDES WASSER AUF BESTAND BIS 30 CM ÜBER GELÄNDE
ZULUFT LÜFTUNG DN 300 GEM. VORGABE FACHPLANER HAUSTECHNIK, VERLEGUNG IM GEFÄLLE 3% ZUM GEBÄUDE

Abbildung 51: Detailbereich der Kellersituation im Bereich der Eingänge

4.4 Fenster

Für die Sanierung von Fenstern gibt es mehrere Möglichkeiten, um Wärmeverluste zu verringern. Entweder das gesamte Fenster wird ausgetauscht und durch ein hocheffizientes Fenster ersetzt, oder das Fenster wird saniert und aufgedoppelt, sodass außen das alte Erscheinungsbild gewahrt wird und mit dem neuen, inneren Fenster Wärmeverluste reduziert werden. Diese Variante ist vor allem eine Möglichkeit bei innen gedämmten Gebäuden, wenn es sich um denkmalgeschützte oder ästhetisch hochwertige Fenster handelt.

Tipp …

… der Architekt im Interview

Auf http://www.e-genius.at/fileadmin/user_upload/Interviewfrage_Fenster.mp3 beantwortet Dr. Burkhard Schule Darup die Frage: „Warum ist die Entscheidung gefallen, die Fenster ganz zu erneuern?“

Grundsätzliches …

… zu Wärmeschutzfenstern

Für Fenster können U_w-Werte von 0,65 bis 0,95 W/m^{2}K erreicht werden. Die dafür erforderlichen 3-fach-Wärmeschutzverglasungen weisen im Wesentlichen Glas-U-Werte von 0,5 bis 0,7 W/m^{2}K in Verbindung mit einem energetisch hochwertigen Randverbund der

Gläser auf. Weiters sind gedämmte Rahmen mit U-Werten von 0,65 bis 0,8 W/m^{2}K erforderlich.

Mehr dazu: Modul Hocheffiziente Sanierung, www.e-genius.at.

4.4.1 Bestandssituation

Der Gebäudebestand wies die jahrgangstypischen Holzverbundfenster auf. Die Wärmeverluste über die Fensterflächen betrugen im Bestand insgesamt etwa ein Fünftel der gesamten Transmissionswärmeverluste.

Abbildung 52: Küchenfenster vor der Sanierung

Vertiefung …

… zur Fenstersanierung

Beim Verbundfenster bilden zwei Glasscheiben in meist schlanken Rahmen einen Verbundfensterflügel, der zur Reinigung geöffnet werden kann. Verbundfenster stellen die typische Verglasung der 50er- und 60er-Jahre dar, sind praktisch nicht sanierbar und sollten ausgetauscht werden. Alte Kastenfenster hingegen können saniert werden, wobei der Fensterstock belassen wird.

Für Fenster gilt bzgl. Dampfdiffusion: Innen dichter als außen!

4.4.2 Neue Fenster im Bereich der Bestandsgeschoße

In den Bestandswohnungen vom Erdgeschoß bis zum zweiten Obergeschoß kamen Kunststofffenster mit einem hochwärmedämmenden Rahmen (U_f = 0,85 W/m^{2}K) in Verbindung mit 3-fach-Wärmeschutzverglasung (U_g = 0,6 W/m^{2}K, g-Wert 0,52) zum Einsatz. Der resultierende Wert für die Fenster beträgt U_w = 0,8 bis 0,9 W/m^{2}K.

Wichtig war die Minimierung der Wärmebrücken am Glasrand und beim Einbau. Das Glas sollte einen thermisch günstigen Randverbund aufweisen, z. B. aus Kunststoff mit einem günstigen Wert $Y_{Glasrand} \leq 0{,}035$ W/mK.

Die Fenster wurden so eingebaut, dass der Rahmen weitestgehend durch die Dämmung überdeckt war, was zu einer optimierten Einbauwärmebrücke von Y_{Einbau} = 0,015 W/mK führte.

4.4.3 Neue Fenster im Bereich des Dachgeschoßes

Das Dachgeschoß erhielt passivhauszertifizierte Kunststofffenster, die einen Rahmen mit U_f = 0,75 W/m^{2}K aufwiesen. Es kam wiederum 3-fach-Wärmeschutzverglasung mit U_g = 0,6 W/m^{2}K und einem g-Wert von 0,52 zum Einsatz. Der resultierende U-Wert für die Fenster beträgt U_w = 0,79 W/m^{2}K im Mittel.

Die Minimierung der Wärmebrücken am Glasrand wurde mit einem thermisch optimierten Randverbund mit $Y_{Glasrand}$ = 0,032 W/mK erreicht. Auch bei der Anschlusssituation im Holzrahmenbau kann der Rahmen beim Einbau mit Holzweichfaserplatten um etwa 5 cm überdeckt werden, was wiederum zu einer optimierten Einbauwärmebrücke von Y_{Einbau} = 0,015 W/mK führte.

4.4.4 Energetische Beurteilung

Obwohl die Fensterflächen nach der Sanierung nur ein gutes Fünftel der Außenwandflächen ausmachen, liegen die Transmissionswärmeverluste der Fenster über den Verlusten durch die Fassadenflächen. Es muss allerdings bedacht werden, dass durch die transparenten Flächen solare Gewinne realisiert werden. Aufgrund der guten Ausrichtung liegen die Gewinne der Fenster nur unwesentlich niedriger als die Verluste, sodass der „resultierende U-Wert“ der Fenster inklusive der Gewinne fast bei null liegt.

Nr.	Bezeichnung	Orientierung Neigung	Fläche brutto m²	Faktor Rahmen-anteil	Faktor Ver-schattung F_s	Faktor Sonnen-schutz z	Faktor Nichtsenk-rechter Strahlungs-einfall / Verschm.	Gesamt-energie-durchlass-grad g	effektive Kollektor-fläche m²
1	AF01 122x148 Nord	N 90,0°	97,50	0,67	0,75	---	0,9; 0,98	0,52	22,57
2	AF02 70x113 Nord	N 90,0°	9,49	0,52	0,75	---	0,9; 0,98	0,52	1,69
3	Balkontür 122x226 Süd	S 90,0°	49,63	0,65	0,75	---	0,9; 0,98	0,65	13,96
4	Fixverglasung 122x206 Süd	S 90,0°	45,24	0,80	0,74	---	0,9; 0,98	0,65	15,38
5	AF03 226x183 Süd	S 90,0°	74,44	0,73	0,75	---	0,9; 0,98	0,65	23,38
6	AF05 134x132 DG Nord	N 90,0°	21,23	0,67	0,75	---	0,9; 0,98	0,50	4,70
7	Terrassentür 132x245 Süd	S 90,0°	19,40	0,74	0,75	---	0,9; 0,98	0,65	6,16
8	Balkontür 132x262 Süd	S 90,0°	13,83	0,74	0,75	---	0,9; 0,98	0,65	4,39
9	AF08 252x192 Süd	S 90,0°	9,68	0,74	0,75	---	0,9; 0,98	0,65	3,07
10	Fixverglasung 132x245 Süd	S 90,0°	25,87	0,82	0,75	---	0,9; 0,98	0,65	9,14

Abbildung 53: Daten transparenter Bauteile nach OIB-Richtlinie 6 (Auszug aus dem Energieausweis)

4.4.5 Verschattung zum sommerlichen Wärmeschutz

Die Fenster der neuen Vorbauten sowie jene im Dachgeschoß erhielten aus Gründen des sommerlichen Wärmeschutzes Raffstores. Der Einbau erfolgte wärmebrückenoptimiert und mit Elektroantrieb.

5. Wie wurde die Luft- und Winddichtheit gewährleistet?

Grundsätzliches …

… zur Luft- und Winddichtheit

Gebäude sind so auszuführen, dass die wärmeübertragende Umfassungsfläche einschließlich der Fugen dauerhaft luftundurchlässig entsprechend dem Stand der Technik abgedichtet ist.

- **Vermeidung von baukonstruktiven Schäden**

Werden undichte Bauteile von innen nach außen mit Luft durchströmt, kondensiert aufgrund der Abkühlung in der Konstruktion der Wasserdampf der entweichenden Raumluft und fällt im Bauteil in Tröpfchenform an, mit der Folge von Bauschäden.

- **Funktion der Wärmedämmung**

Wenn zwar die innere luftdichtende Schicht funktionsfähig ist, jedoch auf der Außenseite der Dämmung kein winddichter Schutz vorhanden ist, kann die Wärmedämmung von Kaltluft durchströmt werden. In diesem Fall wird die Wärmedämmfähigkeit der Konstruktion in der Praxis deutlich herabgesetzt.

- **Luftschallschutz**

Jede Leckage verschlechtert den Luftschallschutz. Gute Luftdichtheit ist daher Bestandteil des Schallschutzkonzepts.

- **Höhere Luftqualität**

Unkontrollierter Eintritt von Luft in Aufenthaltsräume kann zu erhöhter Schadstoffkonzentration führen. So kann Luft, die durch eine Konstruktion strömt, die Raumluft mit faserigen Dämmstoffen belasten. Wird Luft durch den thermischen Auftrieb aus dem Keller (bzw. der Garage) in die darüberliegenden Wohnbereiche geführt, können Belastungen durch Mikroorganismen, Schadstoffe aus im Keller gelagerten Materialien (Heimwerkerutensilien, Heizöl) und ggf. Radon auftreten.

- **Optimierte Lüftung**

Bei Undichtheiten erfolgt der Luftaustausch durch Winddruck und Thermik, welche sehr stark von der Wettersituation abhängig sind. Es stellen sich genau dann überhöhte Luftwechsel ein, wenn sie nicht erwünscht sind: bei starkem Wind und in kalten Witterungsperioden.

- **Thermischer Komfort**

Durch Undichtheiten einströmende Kaltluft führt zu Zugerscheinungen, Kaltluftseen mit der Folge von Fußkälte und zu einer unangenehmen vertikalen Temperaturschichtung in den einzelnen Räumen sowie dem gesamten Gebäude.

- **Verringerter Heizenergieverbrauch**

Die Dichtheit eines Gebäudes führt zu einer deutlichen Energie- und Kosteneinsparung beim Heizen.

5.1 Dichtheitskonzept

Tipp …

… der Architekt im Interview

Auf http://www.e-genius.at/fileadmin/user_upload/Interviewfrage_Dichheitskonzept.mp3 beantwortet Dr. Burkhard Schule Darup die Frage: „Wieso und wie wird Luftdichtheit hergestellt?“

Da in der „Kollwitzstraße“ Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung eingebaut werden sollten, sollte der für Passivhäuser erforderliche n_{50}-Wert für die Luftdichtheit von £ 0,6 1/h erreicht werden. Dieser Wert stellt einen empfehlenswerten Zielwert dar, auch wenn die Mindestanforderung bei n50 ≤ 1,0 1/h liegt.

Bei der Planung des Gebäudes musste frühzeitig das Dichtheitskonzept erarbeitet werden. Stichpunktartig einige wichtige Aspekte dazu:

- Möglichst einfache Form der wärmeübertragenden Gebäudehülle mit wenig Materialwechseln wählen
- Lage der wind- und luftdichten Ebene festlegen, klare Abtrennung zu unbeheizten Bereichen (z. B. Keller) – „Stiftregel“12
- Länge der Anschlüsse minimieren, möglichst homogene Flächen festlegen
- Einfache Konstruktionen wählen, Durchdringungen vermeiden
- Haustechnik-Durchdringungen minimieren; ggf. Installationsebene einplanen
- Flächen- und fugendichtende Materialien und Montagetechnik festlegen
- Präzise Detailplanung und Abstimmung mit den Handwerkern
- Sorgfältige Kontrolle der Ausführung inkl. Schaffen von Problembewusstsein bei den Ausführenden
- Kontrolle über die Luftdichtheitsprüfung (Blower-Door-Test)

Tipp …

… für die Praxis

Die Flächen hinter Vorwandinstallationen müssen vor der Montage auf Dichtheit überprüft werden, weil sie nachträglich nicht mehr zugänglich sind.

5.2 Außenwand – Mauerwerk und Betonbauteile

Betonbauteile gelten als luftdicht, an den Stoßstellen hingegen sind Betonfertigteile nicht luftdicht. Mauerwerk benötigt zur Abdichtung im Allgemeinen eine durchgehende Innenputzschicht.

Besondere Beachtung erfordern beim Mauerwerk alle Stellen, an denen aufgrund der Konstruktion oder des Bauablaufs keine vollständige Putzschicht vorhanden ist oder diese

[12] Stiftregel: Die luftdichte Ebene umschließt das Gebäude ohne Unterbrechung. Das beheizte Gebäudevolumen wird im Schnitt bzw. im Grundriss lückenlos mit einem Stift nachgezeichnet. Es gibt nur je eine durchgehende Luft- bzw. Winddichtebene. Siehe klima:aktiv, Luft- und Winddichte Gebäudehülle, Skriptum Grundlagen, http://www.klimaaktiv.at/publikationen/bauen-sanieren/qualitaetslinien/gebauedehuelle.html.

z. B. während des Bauablaufs beschädigt wird. Das sind Wandanschlüsse (besonders vor dem Verputz ausgeführter Trockenbau), Vorwandinstallationen, Fugen, Durchbrüche und Öffnungen, seitliche Treppenanschlüsse, Flächen hinter Kaminen und die unteren Putzanschlüsse, die sauber bis auf den Boden gezogen werden müssen, etc.

5.3 Außenwand – Holzbau- und Leichtbaukonstruktionen

Als Materialien, die Luftdichtheit herstellen, können Kunststofffolien oder geeignete Baupappen verwendet werden, weiters Plattenmaterialien wie Holzwerkstoffe, Gipsfaser- und Gipskartonplatten sowie Faserzementplatten. In der Fläche müssen auch luftdichte Anschlüsse der Fugen zwischen den Luftdichtungsmaterialien z. B. durch Verklebung hergestellt werden.

Grundsätzlich sollten großflächige Bahnen oder Platten verwendet werden, um Anschlusslängen zu minimieren. Installationsebenen vereinfachen den Baustellenablauf und bieten Auflager- und Anschlussmöglichkeiten für Decken und Innenwände, führen auf der anderen Seite jedoch zu erhöhten Kosten.

Auflager oder Anschlusskanten, die später nicht mehr erreicht werden, können durch vorheriges Einlegen und Anpressen von Anschlussbahnen abgedichtet werden.

Auf der Außenseite der Konstruktion muss eine winddichte Schicht angebracht sein, die ein Durchströmen der Dämmschicht verhindert.

5.4 Dachkonstruktion

Für Dachkonstruktionen gelten die gleichen Grundüberlegungen wie bei Leichtbauwänden. Die luftdichtende Ebene liegt auf der Innenseite der vorgefertigten Dachkonstruktion im Bereich der Holzwerkstofflage, die luftdicht an die jeweiligen Anschlüsse angebracht wird. Darüber befindet sich dann noch eine Installationsebene, in der die Elektroleitungen etc. geführt werden und ebenfalls Dämmung eingebracht wird.

5.5 Bodenplatte / Kellerdecke

Kellerdecken aus Beton sind luftdicht. Deckendurchbrüche müssen vor der Verkleidung der Installationen dicht geschlossen werden. Wesentlich ist die luftdichte Ausführung eines evtl. vorhandenen Kellerzugangs, denn durch die Thermik entsteht dort eine hohe Druckdifferenz.

5.6 Fenster und Außentüren

Der Fenstereinbau nach ÖNORM B5320 muss luftdicht erfolgen. Möglichkeiten dafür sind: dauerelastisches Fugenmaterial, Dichtleiste mit eingelegtem Kompriband zum Putz auf der Innen- und Außenseite und die Verklebung mit Dichtungsbändern, wobei die letztgenannte Variante in der Praxis vorwiegend angewandt wird. Dabei kommen Klebebänder z. B. auf Butyl-Kautschuk-Basis zum Einsatz. Neben der Einbau-Abdichtung muss bei Fenstern auf die Funktionsfähigkeit der Gummilippendichtung zwischen Stockrahmen und Fensterflügel geachtet werden.

Haus- und Wohnungstüren sind besonders anfällig für Luftundichtheiten, besonders an den oberen und unteren Anschlagsseiten, da die Beschläge die Tür nicht umlaufend in die Dichtung drücken wie bei Fenstern. Dichtheit ist nur durch sehr hochwertige Konstruktionen und Verarbeitung zu erzielen. Deshalb wurden in der „Kollwitzstraße“ als Haustüren Aluminiumtüren eingebaut, die zwar einen etwas schlechteren U-Wert aufweisen, dafür aber eine hohe Dichtheit ermöglichen.

5.7 Gebäudetechnik – Sanitär-, Lüftungs- und Heizungsinstallation

Die Anzahl von Durchführungen zu reduzieren, ist eine wesentliche erste Planungsempfehlung. Alle Durchdringungen der thermischen Gebäudehülle müssen fachgerecht abgedichtet werden. Dies kann z. B. mittels Manschette oder Flansch erfolgen. Das gilt sowohl für die Bodenplatte bzw. die Kellerdecke, in der zahlreiche installationsbedingte Durchbrüche verlaufen, als auch für Außenwände und Wohnungstrennwände sowie für das Dach.

Zeitliche Koordination ist ebenso erforderlich wie eine klare Zuständigkeit der HandwerkerInnen – die nachträgliche Durchdringung einer fertigen Dachkonstruktion mit einer Dachentlüftung ist für SanitärinstallateurInnen eine schwierige Aufgabe.

5.8 Gebäudetechnik – Elektroinstallation

Durch die Installation von Elektrokabeln und Leerrohren entsteht eine hohe Gefahr von Luftundichtheiten. Daher gibt es einige Tipps für die Planung und Ausführung:

- Verteilerschrank innerhalb der thermischen Hülle
- Abdichtung aller Leerrohre, welche die Luftdichtheitsebene durchstoßen
- Holzbau: Installationsebene für E-Installation schaffen als zusätzliche innenliegende Wandschale, zwischen Folie/Luftdichtheitsebene und Innenbeplankung oder in einem Kabelkanal im Fußbodenaufbau
- Massivbau: Montagedosen durchstoßen die luftdichtende Putzschicht – deshalb dichte Dosen verwenden und satt in Gips luftdicht einsetzen
- Präzise frühzeitige Einweisung der ausführenden HandwerkerInnen

6. Wie wurde die Gebäudetechnik ausgeführt?

6.1 Lüftung

In Österreich sind die maßgebenden OIB-Richtlinien für die bautechnischen Vorschriften die OIB-Richtlinie 3 (Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz) und die OIB-Richtlinie 6 (Energieeinsparung und Wärmeschutz). Sie fordern, wenn in Aufenthaltsräumen eine natürliche Lüftung zur Gewährleistung eines gesunden Raumklimas nicht ausreichend ist, eine entsprechend bemessene mechanische Lüftung.

Weiters sind nach OIB-Richtlinie 6 Lüftungsanlagen beim erstmaligen Einbau immer mit einer effizienten Wärmerückgewinnung auszustatten. Bezüglich Elektroenergieeffizienz schreibt die OIB-Richtlinie 6 vor, dass unter anderem auf eine genaue und überlegte Rohrführung geachtet werden muss, um die Druckverluste so gering wie möglich zu halten.

Verschiedene Regelwerke (insbesondere OIB-Richtlinie 6, ÖNORM H 6038) fordern eine dichte Gebäudehülle und die Sicherstellung eines Mindestluftwechsels. Um eine hohe Luftqualität sicherzustellen, ist in jedem Fall ein Lüftungskonzept erforderlich: manuelle Fensterlüftung, Abluftanlage mit unkontrollierter Zuluft, kontrollierte mechanische Be- und Entlüftung von Wohnungen mit Wärmerückgewinnung.

Aufgrund der heutigen luftdichten Bauweise von Wohnbauten ist es in den meisten Fällen erforderlich, um Feuchteschutz, hygienischen Standard und Energieeffizienz zu gewährleisten, entsprechende kontrollierte mechanische Zu- und Abluftanlagen mit effizienter Wärmerückgewinnung einzubauen. Maßgebend für die Auslegung des Außenluftvolumenstromes ist die ÖNORM H6038.

Grundsätzliches …

… zur Lüftung

Der Lüftungs-Leitwert LV (W/K) = r * c * V * N

Die spezifische Wärmekapazität der Luft ist mit c = 0,33 Wh/m^{3}K anzusetzen.

Undichtheiten bedeuten in der Heizperiode Exfiltration warmer Raumluft und Infiltration kalter Außenluft. Diese wird im Energieausweis berücksichtigt.

In der „Kollwitzstraße“ wurden Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung ausgeführt. Sie stellen einen wesentlichen Bestandteil des Energiekonzeptes dar und bieten zugleich einen hohen Komfort für die NutzerInnen.

Die ÖNORM B8110-6 weist bei natürlicher Lüftung auf einen energetisch wirksamen Luftwechsel von n_L = 0,4 1/h hin.

Tipp …

… der Architekt im Interview

Auf http://www.e-genius.at/fileadmin/user_upload/Interviewfrage_Lueftung.mp3 beantwortet Dr. Burkhard Schule Darup die Frage: „Welche Faktoren waren ausschlaggebend für die Wahl des Lüftungssystems?“

6.1.1 Lüftungszentralen

Die zentralen Lüftungsgeräte[13] wurden pro Treppenaufgang im Keller des Gebäudes installiert. Das Lüftungsgerät wurde für ein Luftvolumen von 500 bis 800 m^3 pro Stunde für jeweils acht Wohnungen dimensioniert. Die Wärmerückgewinnung des Gerätes ermöglicht einen Wärmebereitstellungsgrad[14] von über 85 %. Dadurch reduzieren sich die Wärmeverluste infolge von Lüftung auf etwa 5 kWh/m^2a.

Vertiefung …

… zum Luftwechsel

In Deutschland muss ein 7-facher Luftwechsel sichergestellt werden (vgl. dazu ÖNORM B8110-6, siehe oben). Das entspricht bei Fensterlüftung einem Wärmeverlust von etwa 50 kWh/m^2a. Es muss allerdings beachtet werden, dass die meisten MieterInnen weniger lüften und nur einen – hygienisch unzureichenden – Luftwechsel von etwa 0,3 1/h durchführen.

Der Frostschutz für den Wärmetauscher des Lüftungsgerätes wird durch ein Vorheizregister sichergestellt, das in der Außenluftzuführung vor dem Gerät montiert ist. Die Beheizung dieses Registers erfolgt über die Heizanlage des Gebäudes und wird nur zugeschaltet, wenn eine kritische Temperatur unter –4 °C in der Außenluftzuführung erreicht wird. Der Energiebedarf für dieses Vorheizregister beträgt circa 30 kWh im Jahr pro Wohneinheit.

6.1.2 Auslegung der Lüftungsanlage nach ÖNORM H6038 (2014)

Für die Auslegung der Nennlüftung ist in Österreich die ÖNORM H6038 maßgeblich.[15]

Vertiefung …

… zur Auslegung der Lüftungsanlage nach ÖNORM H 6038 (2014)

Für die Projektierung sind erforderlich:

1) Festlegung der Zonengliederung für Zuluft-, Überström- und Ablufträume,

2) Festlegung der erforderlichen Zu- und Abluft-Volumenströme,

3) Festlegung der Zuluft-Einblastemperaturen,

4) Festlegung der maximal zulässigen Schallpegel in den Räumen,

5) Festlegung der Maßnahmen zur Erhaltung der Brandabschnitte,

6) Aufstellung und Funktion des Zu- und Abluftgerätes mit Wärmerückgewinnung einschließlich dessen Komponenten,

7) Festlegung der Funktionen der Automatisierungs- und Bedienungseinrichtung,

8) Anordnung der Außenluft- und der Fortluft-Durchlässe,

[13] Siehe dazu auch „dezentrale Lüftungssysteme“ unter http://www.e-genius.at/energieeffiziente-gebaeudekonzepte/kontrollierte-wohnraumlueftung-mit-waermerueckgewinnung.

[14] Der Wärmebereitstellungsgrad ist die Temperaturdifferenz zwischen der Zu- und Außenluft in Bezug gesetzt zur Temperaturdifferenz zwischen Ab- und Außenluft.

[15] Da das Beispielgebäude in Nürnberg steht, erfolgte im konkreten Fall die Auslegung nach DIN 1946-6. Diese ist im Text nur ansatzweise dargestellt.

9) Anordnung der Zu-, Überström- und Abluft-Durchlässe,

10) Festlegung der Luftleitungsführung,

11) Wartung und Reinigung.

6.1.3 Wie wäre der Planungsablauf in der „Kollwitzstraße“ nach ÖNORM H6038 verlaufen?

Zunächst werden in den Wohnungen die Räume folgenden Kategorien zugeordnet:

- Zulufträume: Schlaf-, Kinder-, Arbeits-, Wohn-, Gäste-, Esszimmer
- Ablufträume: Küche, Bad, WC, Abstellraum
- Überstromräume: Gang, Vorraum, Stiege

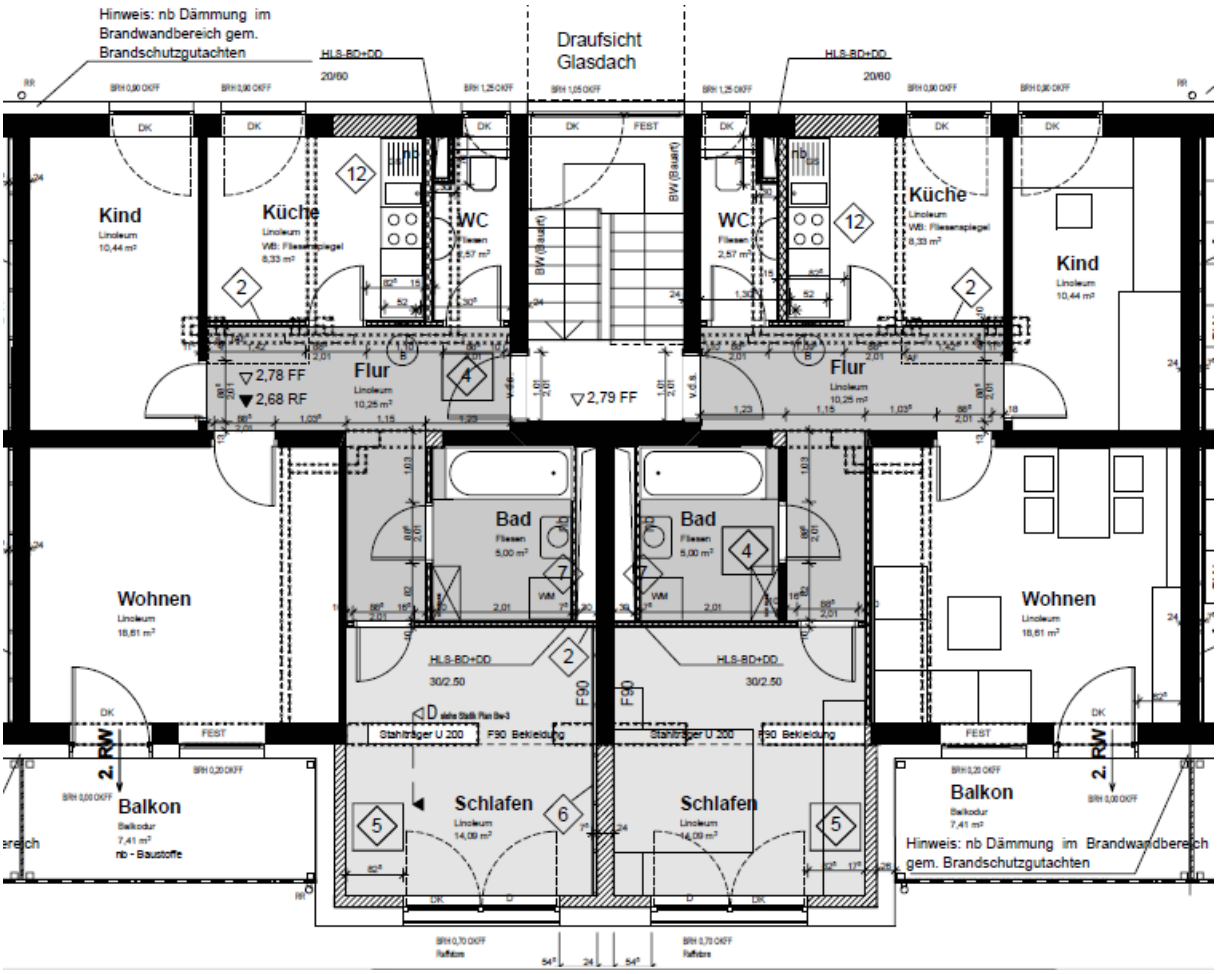


Abbildung 54: Grundriss von zwei Dreizimmerwohnungen in der „Kollwitzstraße“ nach der Sanierung

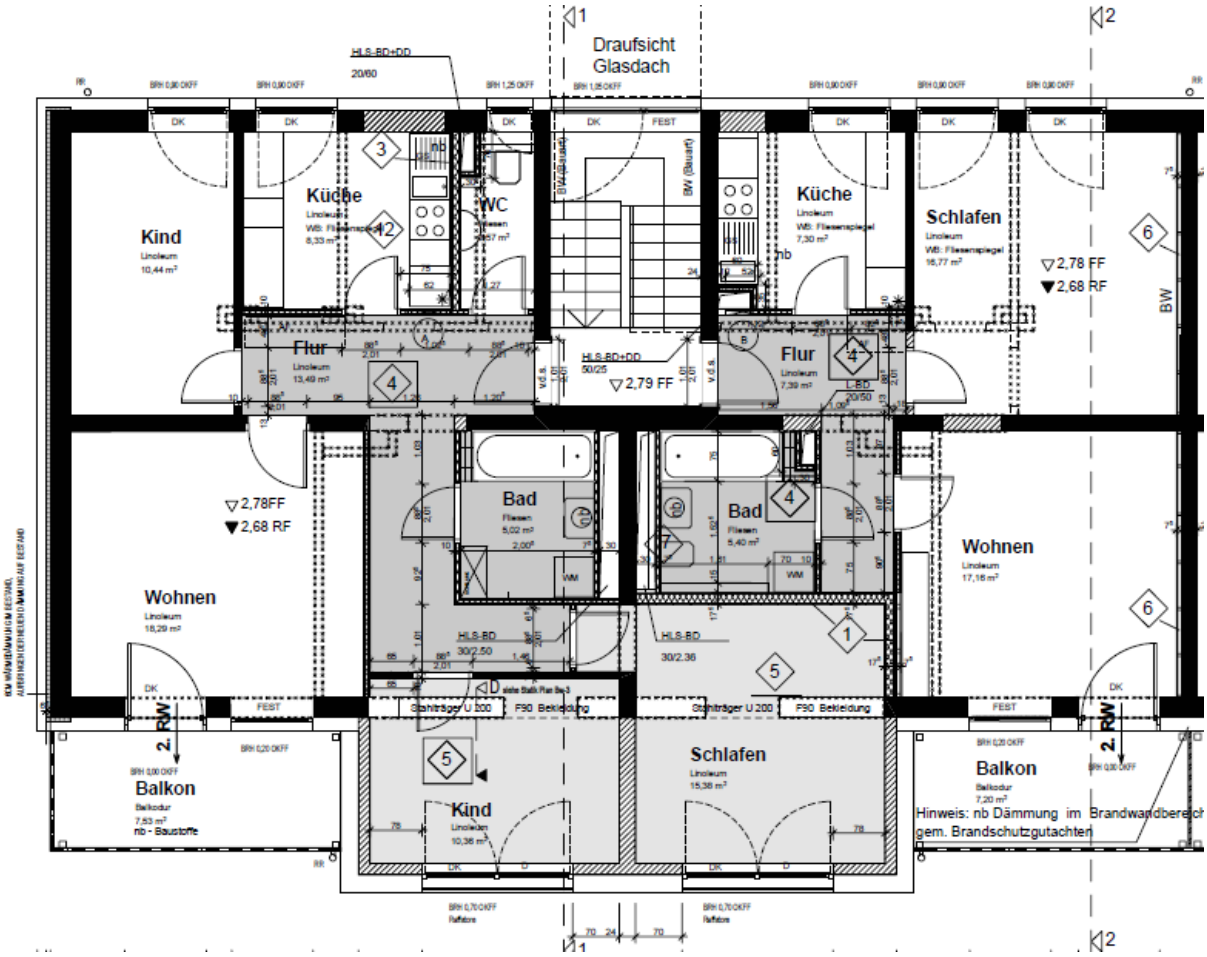


Abbildung 55: Grundriss einer Zwei- und einer Vierzimmerwohnung in der „Kollwitzstraße“ nach der Sanierung

Nach der Zuteilung der Räume werden die Luftvolumenströme bestimmt. Die Raumluftbelastung einer Wohnung ist von vielen Parametern abhängig, so z. B. von der Anzahl der Personen (CO_2-Wert), Emissionen aus Baustoffen und Einrichtungsgegenständen usw.

Im Wohnbereich sind die maßgebenden Größen für die Luftvolumenströme die Raumluftfeuchte sowie Kohlenstoffdioxid (CO_2) und Volatile Organic Compounds (VOC).

Die Qualität der Raumluft wird in verschiedenen Normen festgelegt und ist von dem/der Planenden entsprechend festzulegen. Kategorien für die Raumluftqualität findet man in der ÖNORM EN 15251:2007, der ÖNORM EN 13779:2008 und der EN ISO 7730.

Für die entsprechenden Zuluftvolumenströme pro Person wurde eine maximale CO_2-Konzentration im Raum von CO_{2max} = 1000 ppmv festgelegt.

Raumart	Zuluftvolumenstrom	Mindest-Abluftvolumenstrom [m^3/h]
Schlafraum (Eltern-, Kinder-, Gästezimmer)	25 [m^3/hPers] [a]	[b]
Arbeitszimmer	30 [m^3/hPers]	[b]
Wohnzimmer (Esszimmer, Wohn-Esszimmer) für 1- bis 2-Personen-Haushalt [c]	30 [m^3/h]	[b]
Wohnzimmer (Esszimmer, Wohn-Esszimmer) für >2-Personen-Haushalt [c]	15 [m^3/hPers]	[b]
Kochnische, Küche [c]		30
Badezimmer		30
WC-Raum		15

Tabelle 4: Zuluft- und Abluftvolumenstrom nach ÖNORM H6038.

a. Dieser Wert ist für luftqualitätsabhängige Betriebsweise anzusetzen. Wenn keine luftqualitätsabhängige Betriebsweise realisiert wird, kann ein Wert von $\dot{V} = 20 m^3$/hPers verwendet werden.
b. Verbleibende Abluftvolumenströme sind auf andere Ablufträume aufzuteilen. Ein Mindest-Abluftvolumenstrom von $10 m^3$/h je Raum ist einzuhalten.
c. Bei Wohn- und Esszimmer mit integrierter Küche ist der Volumenstrom als Summe aus Zu- und Überstromvolumenstrom zu verstehen, d.h. der Abluftvolumenstrom im Küchenbereich muss mindestens so groß sein wie der Zuluftvolumenstrom im Wohn-Essbereich.

Der Zuluftvolumenstrom je Wohneinheit in der „Kollwitzstraße“ kann unter folgenden Annahmen bestimmt werden:

- zeitabhängige Steuerung
- Überprüfung, ob Maßnahmen zur Beeinflussung der Raumluftfeuchte notwendig sind
- Aufgrund des vorgegebenen Grundrisses sind keine Überstromzonen möglich
- Zuluft und Abluft ausbalanciert

Raumart	Zuluft	Überströmung	Abluft
Schlafraum (2 Personen)	40		
Kinderzimmer (1 Person)	20		
Wohnzimmer (> 2 Personen)	45		
Küche			45
Bad			40
WC			20
Summe	**105 m^3/h**		**105 m^3/h**

Tabelle 5: Luftvolumenströme nach Raumart

Dimensionierungs-Luftvolumenstrom geteilt durch Belegungszahl [m^3/hPers]	Maßnahmen zur Anhebung der Raumluftfeuchte
< 30	keine
30 bis 40	empfohlen
> 40	erforderlich

Tabelle 6: Maßnahmen zur Anhebung der Raumluftfeuchte (Quelle: ÖNORM H6038 Entwurf 2013)

Die Berechnung nach Tabelle 6 ergibt einen Wert von 35, das heißt, es werden Maßnahmen zur Anhebung der Raumluftfeuchte empfohlen. Eine Maßnahme könnte mit einem Zeitprogramm realisiert werden, mit welchem eine Bedarfs- und eine Grundlüftung eingestellt werden kann.

6.1.4 Verteilleitungen und Brandschutzkonzept

Grundsätzliches …

… zu Luftleitungssystemen

Beim Luftleitungsprinzip bzw. der Verrohrung für Lüftungsanlagen unterscheidet man zwischen einer Luftführung mit Abzweigern und einer Sternverrohrung, die auch als „Spaghettiverrohrung“ bezeichnet wird.

Luftführung mit Abzweigern:

Bei der Verrohrung mit Abzweigern werden die Luftleitungen zu den Wohnungen bzw. den einzelnen Räumen ausgehend von einer Hauptluftleitung abgezweigt. Zwischen den Wohnungen bzw. den Räumen müssen jedoch Telefonieschalldämpfer installiert werden.

Vorteil:

- kurze Leitungslängen
- meist geringere Kosten

Sternverrohrung:

Bei der Sternverrohrung werden ausgehend von einem zentralen Verteiler die Luftleitungen sternförmig zu den Wohnungen bzw. Räumen geführt. Es ergeben sich wesentlich mehr Leitungen, die aber im Querschnitt deutlich geringer sein können (meist ca. 80 mm). Zwischen den Rohren ist ein Mindestabstand, der dem Durchmesser des Rohres entspricht, einzuhalten. Die Verlegung der Rohre ist im Bauplan einzuzeichnen, um Beschädigungen durch nachträgliche Bohrungen zu vermeiden.

Vorteil:

- einfachere Reinigung
- einfachere Einregulierung
- geringere Rohrquerschnitte
- einfachere Umwandlung eines Abluftraumes in einen Zuluftraum
- Telefonieschalldämpfer kann eventuell entfallen

Grundsätzlich kann man nicht sagen, dass ein System besser ist als das andere. Letztendlich entscheidet das Gesamtkonzept. So kommt z. B. bei in die Betondecke eingelegten Luftleitungen aufgrund der Rohrquerschnitte fast ausschließlich die Sternverrohrung zur Anwendung. Bei Sanierungen bzw. der Rohrleitungsführung in der abgehängten Decke kommt meist das System mit Abzweigern zum Tragen. Beide Systeme können auch kombiniert werden. Möglich ist z. B. die Aufteilung auf die einzelnen Stockwerke mit Abzweigern und die Verteilung innerhalb des Stockwerkes mit einem Unterverteiler im Sternsystem. Oder es wird die Zuluft als Sternverrohrung und die Abluft mit Abzweigern ausgeführt.

(Greml, 2010: Komfortlüftungsinfo Nr. 13 Sternverrohrung oder Abzweiger – Quell- oder Induktionslüftung; http://www.komfortlüftung.at/fileadmin/komfortlueftung/EFH/komfortlueftung.at_-_Info_Nr._13_Sternverrohrung_oder_Abzweiger_-_Quell_oder_Induktionslueftung_V_1.0.pdf)

Die Verteilleitungen der Lüftungsanlage führen in der „Kollwitzstraße“ als Steigstränge vertikal durch die Badbereiche und sind brandschutzmäßig als L-90-Leitungen ausgeführt. Je Wohnung wurde jeweils eine Zu- und Abluftleitung gewählt, um die geforderten Brandschutzklappen in der Lüftungszentrale anbringen zu können und die Wartung zentral ohne Begehen der Wohnungen ausführen zu können.

6.1.5 Dimensionierung für Wohneinheiten in der „Kollwitzstraße“ nach ÖNORM H6038

Eine Dimensionierung der Sammelleitungen erfolgt unter Berücksichtigung eines Abminderungsfaktors aufgrund der Anzahl der Wohneinheiten und der Volumenstromanpassung (Tabelle 7). Die Reduktion des Volumenstromes ergibt sich aufgrund der Annahme, dass nicht alle gleichzeitig die maximale Luftmenge brauchen; je mehr Wohneinheiten ein Gebäude hat, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit, dass alle gleichzeitig die maximale Luftmenge brauchen.

Art der Volumenstromanpassung in den Wohneinheiten	Abminderungsfaktor	
	3–6 Wohneinheiten	> 6 Wohneinheiten
Manuell durch Nutzer	1,0	0,9
Unabhängig von Nutzer (z. B. über CO_2-Konzentration)	0,9	0,75

Tabelle 7: Abminderungsfaktoren gem. ÖNORM H6038

Die Volumenstromanpassung erfolgt unabhängig vom Nutzer. Laut Tabelle 7 ergibt sich für die „Kollwitzstraße“ ein Abminderungsfaktor von 0,9.

In der „Kollwitzstraße“ gibt es vier Geschoße, das heißt, für einen Strang ergeben sich 4 x 105 m^3/h x 0,9 = 378 m^3/h Luftvolumenstrom. Bei einer maximalen Strömungsgeschwindigkeit gem. ÖNORM H6038:2014 von v = 3,5 m/s ergibt dies einen Innendurchmesser von d = 195 mm. Wählen würde man daher ein Spirorohr DN[16] 200 mm.

6.1.6 Wohnungsverteilung

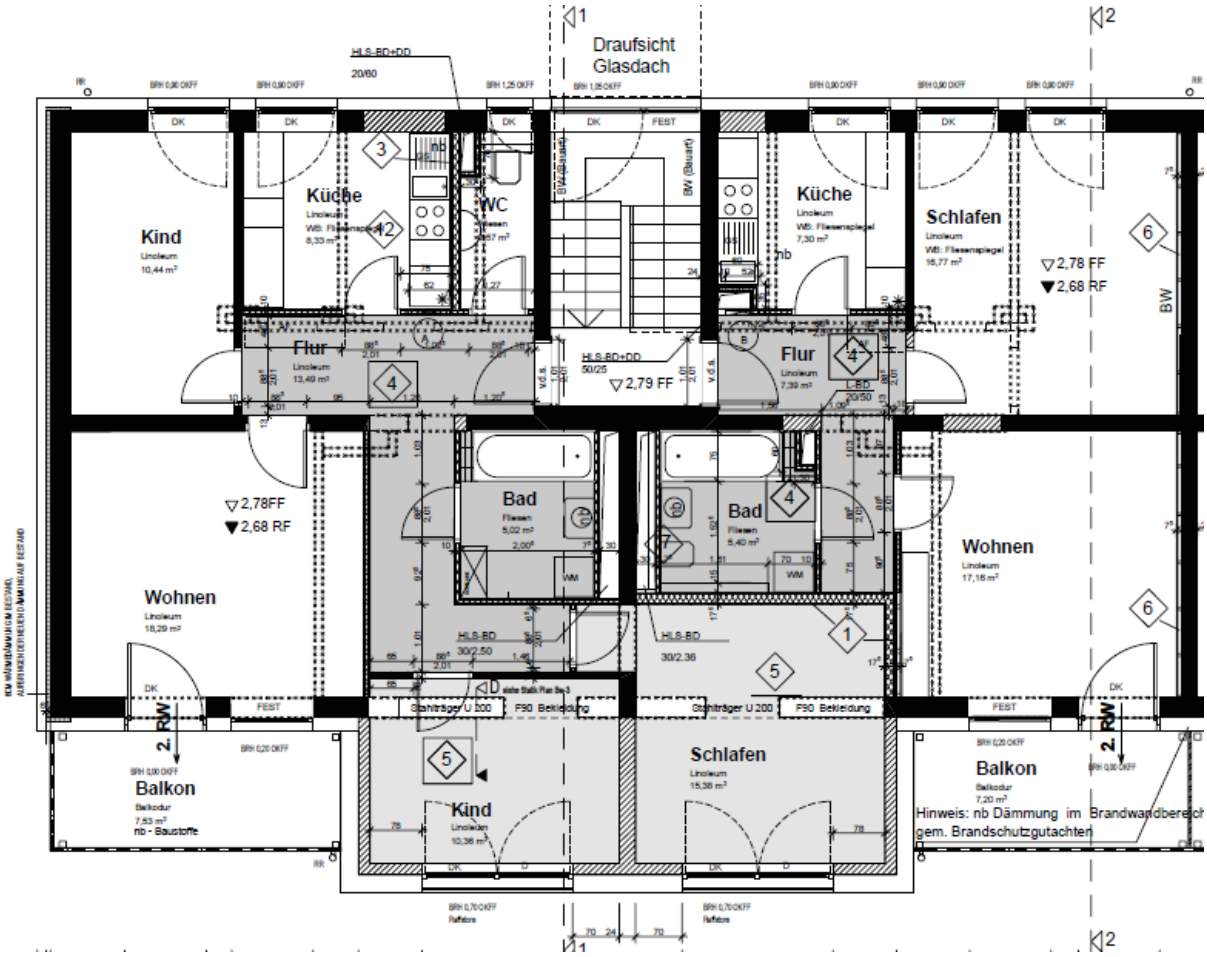


Abbildung 56: Grundriss nach der Sanierung mit einer Zwei- und einer Vierzimmerwohnung

[16] DN steht für Nennweite innerer Durchmesser.

Die horizontale Verteilung innerhalb der Wohnungen erfolgt jeweils von einem Verteilerkasten für Zu- und Abluft mittels Kunststoffrohren. Die Verteiler dienen gleichzeitig zur Telefonieschalldämpfung und im Bedarfsfall für die Kontrolle und Reinigung der Leitungen. Zugleich konnte mit einer sehr geringen Aufbauhöhe für die Installation gearbeitet werden, sodass die Deckenabhängung in den Fluren, wo die Leitungsführung erfolgte, die Raumhöhe nur geringfügig vermindert. Die Luftdurchlasselemente (Luftauslässe) zu den Aufenthaltsräumen wurden als Weitwurfdüsen ausgeführt, sodass nur ein kurzes Verteilnetz pro Wohnung erforderlich ist. Abluftventile befinden sich in der „Kollwitzstraße“ in Bad, WC, Küche (denkbar wären in der österreichischen Ausführung auch Abluftventile im Gang).

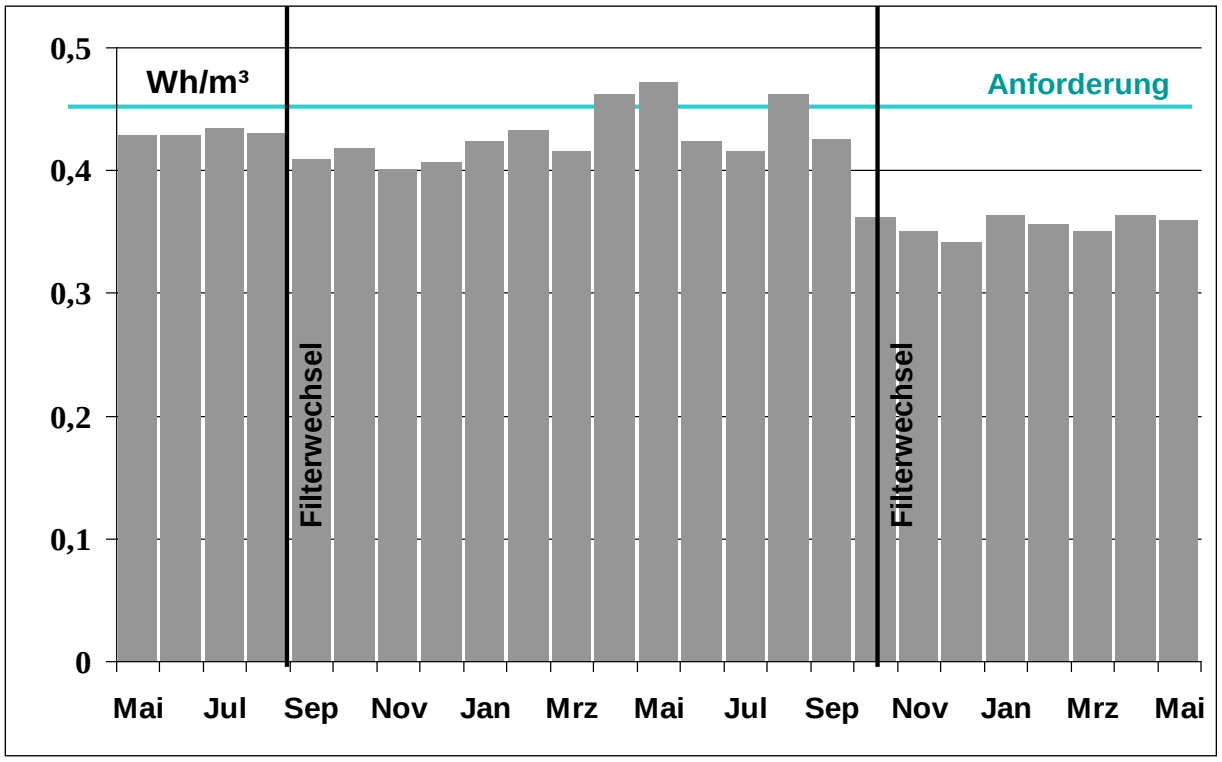


Abbildung 57: Der Stromverbrauch für die Lüftung in einem Passivhaus sollte unter 0,45 Wh pro m^3 ausgetauschter Luft liegen. Der Stromverbrauch in der „Kollwitzstraße“ für die Lüftungsgeräte wurde gemessen und mit dem Luftvolumen verglichen. Dabei wurde festgestellt, dass der Stromverbrauch für die Lüftungsgeräte im Zielbereich liegt. Zudem ist erkennbar, dass die Verbrauchswerte nach den Filterwechseln günstiger liegen und dass die Einstellung der Anlage ab November 2010 optimiert wurde.

6.2 Wärmeversorgung – Heizung und Warmwasserversorgung

Grundsätzliches …

… zur Wärmeversorgung

Wie hängen eine energetisch hocheffiziente Sanierung und die Wahl des Heizsystems zusammen?

Wird ein Gebäude hochwertig energetisch saniert, so wird der Heizwärmebedarf bis zu 90 Prozent gesenkt. Auf Grund dessen ist es sehr günstig, wenn der Austausch des Heizsystems innerhalb des Gesamtsanierungskonzepts durchgeführt wird. Nur dann kann ein optimal angepasstes System gewählt werden. Alte Systeme führen auf Grund von

Überdimensionierungen meist zu erhöhten Anlagenverlusten. Die Erneuerung des Heizsystems ist daher bereits bei der Planung einer hocheffizienten Sanierung mit einzubeziehen, um eine sinnvolle Integration zu ermöglichen.

Im Zuge einer hocheffizienten Sanierung muss immer ein Höchstmaß an (Energie-)Effizienz angepeilt werden. Im Idealfall ist das Gebäude nach Abschluss der Sanierungsarbeiten auf EnerPHit (Zertifizierung für Bestandsgebäude nach Kriterien des Passivhaus Instituts Darmstadt, siehe: http://passiv.de/de/03_zertifizierung/02_zertifizierung_gebaeude/04_enerphit/04_enerphit.htm) oder Passivhaus-Standard gebracht worden. In diesem Fall kann ein sehr kostengünstiges Heizsystem mit geringster Leistung in Verbindung mit einer kontrollierten Wohnraumlüftung (mit Wärmerückgewinnung) installiert werden.

Quelle: Modul Hocheffiziente Sanierung, www.e-genius.at.

6.2.1 Bestandsbeschreibung der „Kollwitzstraße“

Im Bestandsgebäude war im Zuge einer Modernisierungsmaßnahme in den 1980er-Jahren eine Gaszentralheizung eingebaut worden. Die Zentrale befand sich im Dachgeschoß des mittleren Baukörpers. Das Verteilsystem erfasste alle drei Gebäude mit den 54 Wohneinheiten. Die Wärmeübergabe erfolgte über Heizkörper mit Thermostatventil. Die Warmwasserbereitung erfolgte dezentral über Gas-Durchlauferhitzer in den Wohnungen.

6.2.2 Beschreibung des ausgeführten Heizsystems

Die Heizung und Warmwasserversorgung des Gebäudes nach der Sanierung erfolgte durch den Anschluss an das Nürnberger Fernwärmenetz. Es ist sehr sinnvoll, Gebäude, die im Einzugsgebiet liegen, an ein Fernwärmesystem anzuschließen, um dadurch mittels der zentralen Fernwärmetechnik kontinuierlich eine möglichst effiziente und regenerative Lösung zu ermöglichen. Durch die hohe Effizienz macht der Anschluss auch langfristig Sinn, wobei der hohe Anteil der Warmwasserbereitung zu einer äußerst günstigen Konstellation hinsichtlich der Jahresdauerlinie führt.

Eine zentrale Übergabestation im Gebäude „Kollwitzstraße“ im mittleren der drei Gebäude sorgt in Verbindung mit einem Warmwasser-Speicherladesystem für einen günstigen Anschlusswert. Die Leistungsauslegung erfolgte nach dem sommerlichen Warmwasserbedarf. Die erforderliche Heizleistung liegt deutlich niedriger. Die Verteilleitungen für das Heizsystem und für das Warmwasser verlaufen auf der Südseite des Gebäudes unter der Kellerdecke innerhalb der Wärmedämmung und somit innerhalb der thermischen Hülle, also im konditionierten Bereich. Dadurch werden die Leitungsverluste sehr gering gehalten. Die Steigleitungen sind möglichst zentral angeordnet in den jeweiligen Badbereichen.

Innerhalb der Wohnungen wurde jeweils ein Verteiler im Bad bzw. im Flurbereich installiert. Die Leitungen konnten kostengünstig unterhalb des Estrichs verzogen und die Heizkörper mit elektronischem Heizkostenverteiler ohne Platzverlust unter den Fenstern angebracht werden.

Da es sich beim vorliegenden Objekt entsprechend der Definition in der OIB-Richtlinie 6 um eine größere Renovierung handelt, müsste in Österreich ein hocheffizientes alternatives Energiesystem in Betracht gezogen werden. Die Wahl für die Heizungs- und

Warmwasserversorgung des Gebäudes nach der Sanierung hätte zum Beispiel auf ein Mikro-Biomassewerk fallen können, das mit einem Konversionsfaktor f_{CO2} = 51 g/kWh (Heizwerk erneuerbar Quelle OIB-Richtlinie 6 2011) einen hervorragenden Wert aufgewiesen hätte. Dieses wäre unmittelbar neben dem Objekt aufgestellt worden, um Energieverluste der Leitungen zu reduzieren.

Die Warmwassererwärmung, wie sie oben beschrieben wurde, entspricht den Anforderungen der ÖNORM B5019. Da die Leitungen für das Sanitärsystem im Bestand bleiben, wäre auch ein zentrales Speicher-Ladesystem gewählt worden.

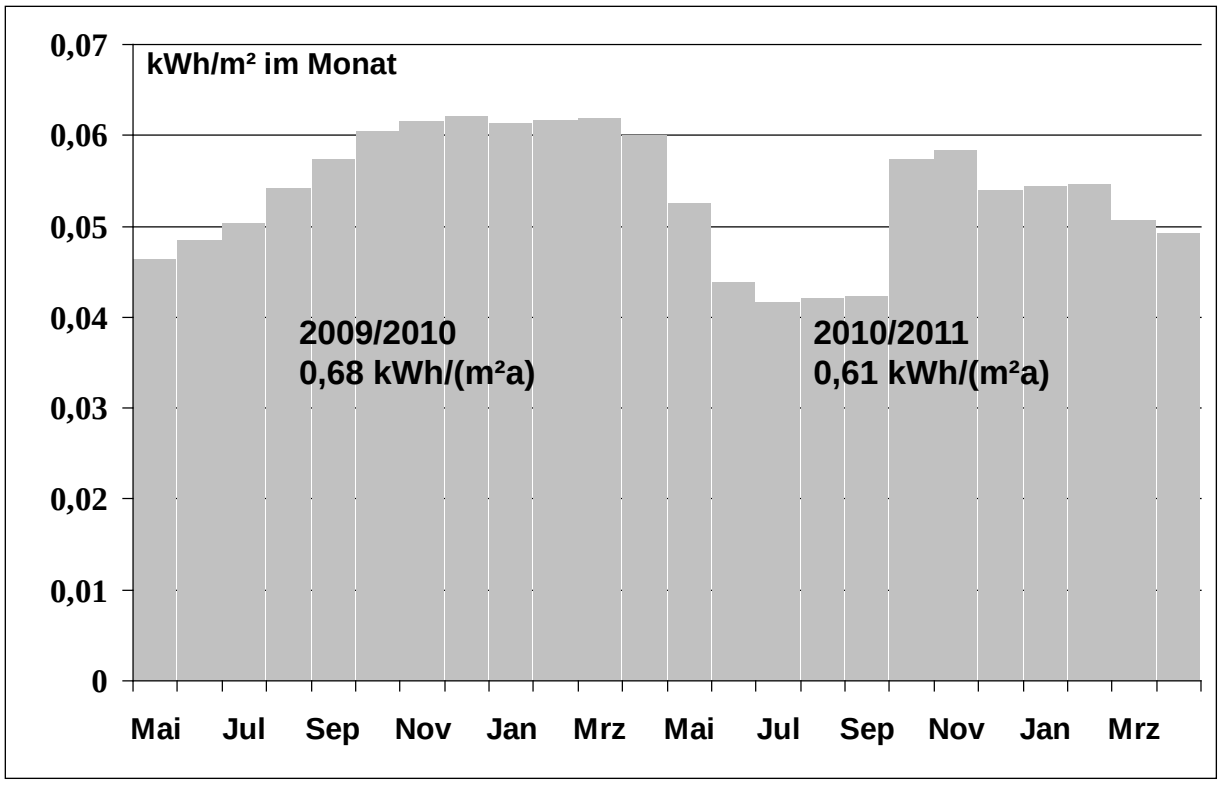


Abbildung 58: Die spezifischen Kennwerte für den Heizungsstromverbrauch (für Heizzentrale, Regelung, Pumpen, Zirkulation Warmwasser) liegen bei gut 0,6 kWh/m^{2}a. Der höhere Anteil davon fällt auf den Warmwasserbereich, der auch im Sommer durchläuft

7. Welche Maßnahmen wurden zur Qualitätssicherung gesetzt?

Qualitätssicherung findet, vor allem bei einem komplexen Sanierungsvorhaben wie jenem in der „Kollwitzstraße“, über die gesamte Planungs- und Bauphase sowie nach Fertigstellung und Übergabe des Gebäudes statt.

7.1 Überprüfung der Wärmebrückenoptimierung

Bei Fertigstellung des Gebäudes wurde eine Begehung mit Thermografieaufnahmen durch das Hochbauamt der Stadt Nürnberg, Abteilung Kommunales Energiemanagement, durchgeführt. Die Maßnahme diente einerseits zur Qualitätssicherung und als Grundlage der Nachbearbeitung von einzelnen mangelhaften Bereichen. Vor allem erfolgte aber andererseits der Nachweis, dass die thermische Hülle des Gebäudes nach der Sanierung hinsichtlich der Wärmebrückendetails einen sehr hohen Standard aufweist.

7.2 Überprüfung der Luftdichtheit

Tipp …

… der Architekt im Interview

Auf http://www.e-genius.at/fileadmin/user_upload/Interviewfrage_Messung_Luftdichheit.mp3 beantwortet Dr. Burkhard Schule Darup die Frage: „Wie wird Luftdichtheit gemessen?“

Abbildung 59: Blower-Door-Test

Grundsätzliches …

… zum Blower-Door-Test

Das Verfahren zum Nachweis der Dichtheit eines Gebäudes ist die Luftdichtheitsprüfung nach ÖNORM EN 13829. Dazu wird ein Ventilator, z. B. in Form einer Blower-Door in der Haustür, luftdicht eingebaut und eine Druckdifferenz erzeugt, die in Stufen auf 50 Pascal hochgefahren wird. Das entspricht einem Druck von 5 mm Wassersäule oder dem Staudruck auf eine Fläche bei einer Windgeschwindigkeit von 9 m/s (32 km/h).

Die gemessenen Werte der Luftdichtheitsprüfung mit der Blower-Door werden aufgelistet und in ein Koordinatensystem (Volumenstrom/Druckdifferenz) abgetragen. Der Schnittpunkt bei 50 Pascal sowohl für die Unterdruck- als auch die Überdruckmessung wird abgelesen. Gewöhnlich liegen die beiden Werte eng beieinander, sofern kein Klappenventil-Effekt einer Leckage vorliegt oder die Windeinflüsse zu hoch sind. Der Mittelwert ist der gemessene n50-Wert, der den Luftwechsel bei der Druckdifferenz von 50 Pascal angibt.

Tipp …

… für die Praxis

Die Messung sollte zu dem Zeitpunkt erfolgen, an dem alle luftdichtenden Ebenen erstellt sind, insbesondere der Innenputz beim Massivbau, die luftdichtende Ebene beim Holzbau (z. B. Folie oder Innenbeplankung), Fenster inkl. luftdichter Verklebung sowie die Rohmontage der Gebäudetechnik-Gewerke. Nicht montiert sein sollten z. B. Bekleidungen und Estrich, die den Zugang zur eigentlichen Luftdichtheitsebene unterbinden.

Bei der Messung sollten alle HandwerkerInnen vertreten sein, deren Gewerke dieses Thema berühren. Das sind insbesondere Putzer/Trockenputzer, Fensterbauer, Installateure für Sanitär, Heizung, Lüftung und insbesondere Elektro. Abdichtungsmaterialien sollten vor Ort vorhanden sein, um die jeweiligen Leckagen direkt beim Aufspüren zu beheben. Wurde sauber gearbeitet, geht das sehr zügig. Falls Mängel vorhanden sind, kann es einige Stunden dauern, bis alle Undichtheiten des Gebäudes behoben sind.

Im Bauablauf ist es bisweilen einfacher, nur einen Teil des Gebäudes zu bearbeiten, weil während der Messung die Arbeiten der sonstigen HandwerkerInnen behindert werden. Zunächst können Messungen pro Wohnung durchgeführt werden, um Undichtheiten in der Gebäudehülle und zu den oben und unten angrenzenden Wohnungen zu identifizieren und abzudichten. So kann sukzessive Wohnung für Wohnung optimiert werden, ebenso die Undichtheiten zwischen den Wohnungen, die im späteren Gebäudebetrieb zu Unannehmlichkeiten führen können, z. B. durch Schallprobleme oder den Austausch von Luft und gegebenenfalls Gerüchen. Die abschließende Nachweismessung erfolgt allerdings für alle von einem Stiegenhaus erschlossenen Wohnungen, sodass nur die Undichtheiten der thermischen Gebäudehülle erfasst werden. Liegt das Stiegenhaus innerhalb der Gebäudehülle, wird es ebenfalls in die Messung miteinbezogen.

Auch in der „Kollwitzstraße“ wurde die Luftdichtheitsprüfung ausgeführt, sobald alle luftdichtenden Bauteile eingebaut waren, jedoch bevor die darüber liegenden Verkleidungen ausgeführt werden, d. h. nach Fenstereinbau, Ausführung des Innenputzes und der luftdichtenden Ebene im Dachgeschoß. Die betroffenen Handwerker wurden auch in diesem

Fall zur Messung eingeladen und konnten Fehlstellen sofort nachbessern. Während der Messung wurden die Leckagen durch ein Anemometer geortet, mit dem die Luftgeschwindigkeit einströmender Luft an schadensträchtigen Stellen bei Unterdruck gemessen wurde. Für das Gebäude wurde ein n_{50}-Wert unter 0,6 1/h nachgewiesen.

7.3 Evaluierung des Heizenergieverbrauchs

Mit einem einfachen Monitoring wurden an jedem Monatsersten die Verbrauchswerte abgelesen. Der gemessene Heizwärmeverbrauch entspricht in den ersten beiden Heizperioden exakt dem Heizwärmebedarf, der bereits während der Sanierungsplanung in der energetischen Berechnung ermittelt wurde, und liegt bei gut 26 kWh/m²a.

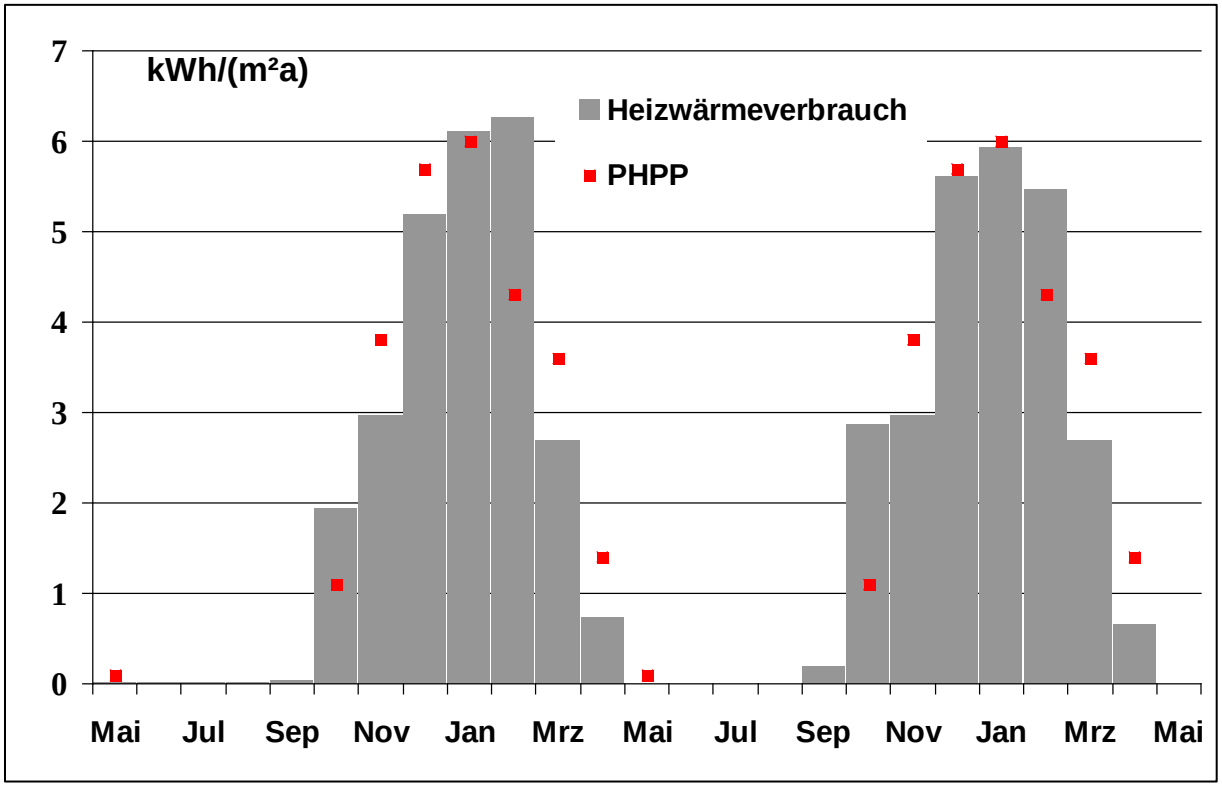


Abbildung 60: Heizwärmeverbrauch pro Monat im Vergleich zu den berechneten Werten nach PHPP – in der Gesamtsumme über das Jahr sind die Werte nahezu identisch

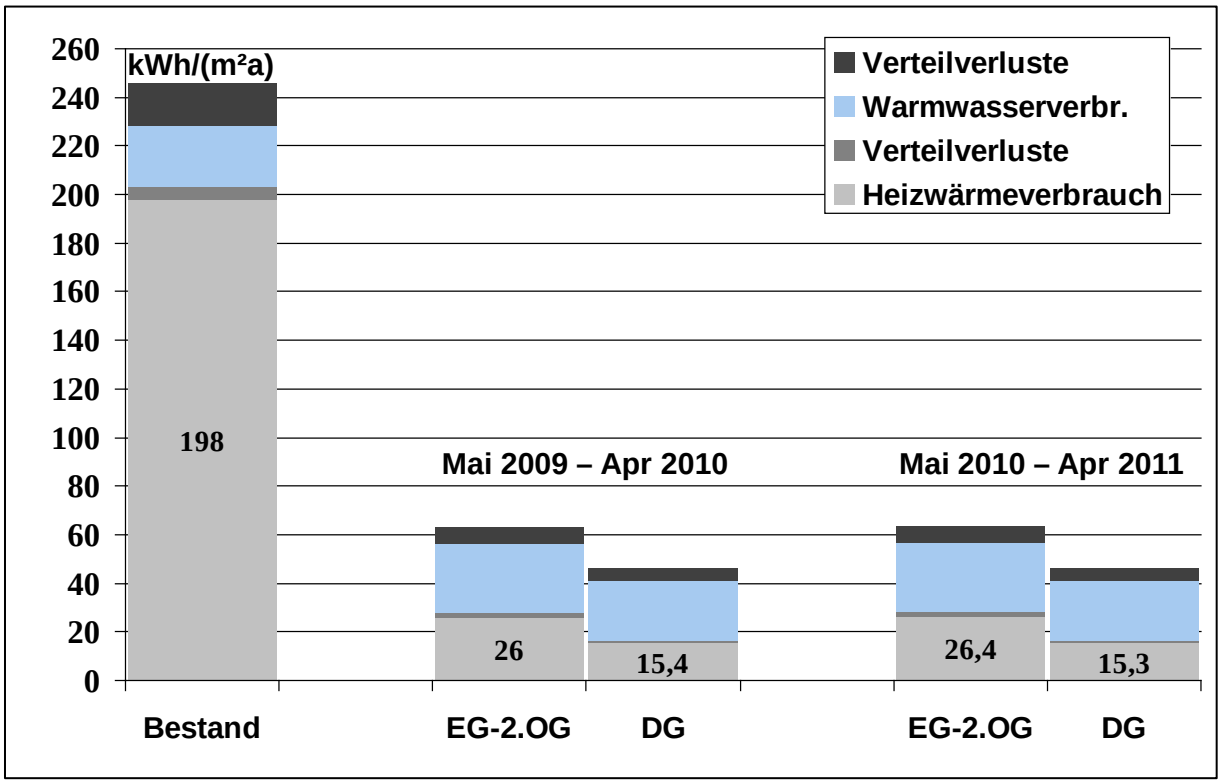


Abbildung 61: Heizenergieverbrauch „Kollwitzstraße“ 1–17 im Vergleich zum Bestand

8. Kosten und Wirtschaftlichkeit

Bei einer Gesamtwohnfläche von 3.895 m^2 in den Bestandsgeschoßen und 1.229 m^2 neu geschaffener Wohnfläche in den Dachgeschoßen der drei Gebäude betrugen die abgerechneten Baukosten ohne haustechnische Anlagen brutto 4.683.750 Euro.[17] Das sind pro m^2 Wohnfläche 914 €.

Für die Lüftung betrugen die abgerechneten Kosten brutto 348.152,80 €. Das sind pro m^2 Wohnfläche 68 €. Für Sanitär lag der Betrag bei 461.139,51 € (90 €/m^2), für Heizung 263.217,62 € (51,40 €/m^2) und für die Elektroinstallation ca. 348.400 €. Das entspricht einer Summe für die haustechnischen Leistungen von brutto 1.420.885 € (277 €/m^2).

Die Gesamtsumme aller Baukosten beträgt brutto 6.104.630 €, das sind pro m^2 Wohnfläche 1.191 €.

[17] „Baukosten“ müssen in Österreich entsprechend ÖNORM auch die Haustechnik beinhalten.

9. Komfort und Nutzerverhalten im sanierten Gebäude

Tipp …

… der Architekt im Interview

Auf http://www.e-genius.at/fileadmin/user_upload/Interviewfrage_Nutzerverhalten.mp3 beantwortet Dr. Burkhard Schule Darup die Frage: „Inwieweit muss und kann man das Nutzerverhalten bereits bei der Planung berücksichtigen?“

Anfang März 2011 wurde im Rahmen einer Begehung des Gebäudes bei einem Teil der MieterInnen eine Befragung durchgeführt. 15 der 72 MieterInnen wurden nach dem Zufallsprinzip quer durch die Gebäude und Wohnungstypen befragt. Die Fragen bezogen sich auf das Gesamtempfinden des Wärmekomforts, auf die Funktion und Wirksamkeit der Lüftungsanlage und der Heizung, Raumluftqualität, auf die Energiekosten bzw. den Energieverbrauch und die Bedienungsfreundlichkeit. In Form eines Gesprächs wurden diese Faktoren durchgegangen und sowohl die kritischen Aspekte angesprochen als auch das Maß der Zustimmung.

Im Folgenden werden die wesentlichen Aspekte kurz zusammengefasst:

Gesamtempfinden des Wärmekomforts

Dies war der Punkt mit der höchsten Zustimmung, es gab Aussagen wie „Die angenehmste Wohnung, in der ich je gewohnt habe“, „Das Beste, was ich diesbezüglich je erlebt habe“ und „Meine erste Wohnung, wo weder Kälte reinkommt noch Wärme rausgeht“. In zwei Fällen wurde auf Undichtheiten bei den Fenstern hingewiesen, beide Male bei raumhohen Elementen an der Unterseite, die offensichtlich nachgestellt werden mussten.

Funktion und Wirksamkeit der Lüftungsanlage / Raumluftqualität

Grundsätzlich war eine hohe Zustimmung mit der Lüftungsanlage gegeben. Die einfache Regelung wurde begrüßt. Zwei Befragte waren sich nicht bewusst, dass sie Einfluss auf die Lüftung nehmen können. In einem Fall empfand eine Bewohnerin Zug von der Zuluft und entschuldigte sich zugleich für ihre Empfindlichkeit. Das Zuluftelement war zwei bis drei Meter vom Sofa entfernt oberhalb der Tür montiert und mit einem eher hohen Luftvolumen eingestellt. Nach Drosselung der Luftmenge spürte sie keinen Zug mehr. In Einzelfällen wurden geringe Geräusche von den Zuluftelementen angemahnt. In einer Wohnung werden Küchengerüche wahrgenommen, die aus der Wohnung oberhalb stammen.
Die Raumluftqualität wurde durchwegs als gut bis sehr gut beschrieben. Beim Heimkommen und Betreten der Wohnung wird die Luft als frisch und angenehm empfunden. Zahlreiche MieterInnen lüften in der Heizsaison fast nie manuell, andere führen ein- bis zweimal täglich kurze Querlüftungen aus, z. B. nach dem Kochen oder vor dem Zubettgehen. Mehrere MieterInnen haben Haustiere und lassen dafür auch mal eine Weile die Terrassentür offenstehen. Ebenso öffnen einzelne MieterInnen nachts das Fenster zum Schlafen auf Kippstellung.

Besonderes Lob kam von Mieterinnen aus zwei Raucherhaushalten. Die Partnerinnen der Raucher lobten die deutlich bessere Luft als in jeder Wohnung zuvor: „Man riecht es schon, aber die Situation ist deutlich besser, und am nächsten Morgen ist die Luft frisch.“
Eine besondere Erfahrung war für eine Mieterin, dass ohne Aufdrehen des Badheizkörpers

ihr Handtuch schnell trocknet. Das Gleiche wurde in anderen Wohnungen hinsichtlich der Wäschetrocknung angemerkt, sodass die Wasch- und Trockenräume im Keller wenig genutzt werden.

Funktion und Wirksamkeit der Heizung

Hinsichtlich der Heizung kamen bei der Befragung vor allem Anmerkungen wie „Wir drehen die Heizkörper kaum auf“, „Ich heize nur im Wohnzimmer“, „Meist steht das Ventil auf Stellung 2 bis 2,5“ (von 5), „Schlafzimmer auf 2, Bad auf 2 und Wohnen auf 2“, „Erst sehr spät im Jahr angefangen zu heizen (November)“, „Bei Sonnenschein überhaupt keine Heizung“.

Energiekosten bzw. Energieverbrauch

Die Zufriedenheit mit dem Energieverbrauch war erwartungsgemäß sehr hoch. Obwohl niemand von den Befragten wusste, wie hoch die Heizkosten lagen, kamen grundsätzlich positive Äußerungen wie „Das erste Mal, dass ich in einer Wohnung eine Rückzahlung bekommen habe“, „800 Euro Einsparung gegenüber meiner letzten Wohnung“ sowie mehrere weitere Hinweise auf Heizkostenrückerstattungen.

Bedienungsfreundlichkeit

Keiner der befragten MieterInnen äußerte sich negativ über den Bedienkomfort. Sowohl mit der Heizung als auch der Lüftung traten keine Probleme auf, und die Regelungsform wurde als unproblematisch empfunden bzw. es wurde gar nicht wahrgenommen, dass ein Problem mit dem Wohnen in einem Gebäude mit hoher Energieeffizienz bestehen könnte. Die zweiseitige Mieterinformation war von den meisten beim Einzug gelesen worden, ohne tiefere Fragen aufzuwerfen. Es wird nicht so empfunden, dass eine grundlegende Änderung des Wohnverhaltens nötig wäre.

Auswertung

Abschließend wurde jeweils um eine Benotung des Gesamtempfindens hinsichtlich der energetischen Aspekte und des Wohnkomforts gebeten. 79 Prozent der Befragten gaben als Gesamtbewertung auf der Notenskala von 1 bis 6 die Note „Sehr gut“ an, 21 Prozent bewerteten mit „Gut“, davon taten dies zwei Parteien unter Vorbehalt bezüglich technischer Nacharbeit, z. B. Nachstellen der Fenster zur nächsten Heizperiode

10. Zusammenfassung/Evaluierung

Durch die Modernisierung wurde aus städtebaulicher Sicht ein deutliches Zeichen zur Verbesserung der Situation im Bereich der „Kollwitzstraße“ geschaffen. Durch den ausgewogenen Wohnungsmix von Zwei- bis Vierzimmerwohnungen konnte eine breite Mieterklientel angesprochen werden, die sich in dem erneuerten Wohngebiet ausgesprochen wohlfühlt. Das liegt neben den baulichen Maßnahmen an den Verbesserungen des Wohnumfelds mit liebevoll gestalteten Freiflächen und Kinderspielbereichen. Die hohen technischen und energetischen Standards bringen vor allem hervorragende Behaglichkeitsfaktoren mit sich, die ebenso geschätzt werden wie die Raumluftqualität in den Gebäuden.

Die intendierte Aufwertung des Gebietes durch die Sanierung der drei Gebäude wurde erreicht. Dass es sich bei der Modernisierung um ein Modellprojekt im Rahmen des Programms „Niedrigenergiehaus im Bestand“ der Deutschen Energie-Agentur (dena) handelt und die aufgestockten Dachgeschoßwohnungen im Passivhaus-Standard ausgeführt wurden, rundet das Konzept ab.

11. Abbildungsverzeichnis

Alle Abbildungen stammen, soweit nicht anders angegeben, von Burkhard Schulze Darup.

Abbildung 1: Das Mehrfamiliengebäude „„Kollwitzstraße““ nach der Sanierung, Südansicht . 1
Abbildung 2: Bestand „Kollwitzstraße“ vor der Sanierung 6
Abbildung 3: „Kollwitzstraße“ nach der Sanierung 6
Abbildung 4: Ansicht Süd vor der Sanierung 9
Abbildung 5: Bad vor der Sanierung 9
Abbildung 6: Küche vor der Sanierung 9
Abbildung 7: Toilette vor der Sanierung..... 9
Abbildung 8: Keller vor der Sanierung 10
Abbildung 9: Dachboden vor der Sanierung 10
Abbildung 10: Kellertür vor der Sanierung 10
Abbildung 11: Dachgeschoß des Gebäudes.....12
Abbildung 12: Vorderseite mit den in Bau befindlichen Vorbauten.....13
Abbildung 13: Vorderseite mit Vorbauten nach der Fertigstellung 13
Abbildung 14: Grundriss nach der Sanierung mit zwei Dreizimmerwohnungen 13
Abbildung 15: Grundriss nach der Sanierung mit einer Zwei- und einer Vierzimmerwohnung 14
Abbildung 16: Ausschnitt aus dem Deckblatt des Energieausweises eines Gebäudes der „Kollwitzstraße“ nach OIB-Richtlinie 6 16
Abbildung 17: Auszug aus dem Energieausweis eines Gebäudes der „Kollwitzstraße“ nach OIB-Richtlinie 6: Transmissionsflächen zur Eruierung der Transmissionswärmeverluste 21
Abbildung 18: Diagrammdarstellung der spezifischen Wärmeverluste nach OIB-Richtlinie 6, inklusive Wärmebrückenzuschlag und Lüftungswärmeverluste (AW = Außenwand, AF = Außenfenster) 22
Abbildung 19: Daten transparenter Bauteile (Auszug aus dem Energieausweis nach OIB-Richtlinie 6) 22
Abbildung 20: Bilanzierung der Wärmebrücken gemäß PHPP in Arbeitsblatt „Flächen“ 23
Abbildung 21: Wärmebrücken nach OIB-Richtlinie 6 24
Abbildung 22: Jahresbilanz Energiebedarf nach OIB-Richtlinie 6 (Absolutwerte und flächenbezogen).....25
Abbildung 23: Energiekennwerte im Energieausweis und Gesamtenergieeffizienz-Faktor nach OIB-Richtlinie 6.....25
Abbildung 25: Monatliche Bilanzierung der Verluste und Gewinne in den sanierten Gebäuden der „Kollwitzstraße“ nach OIB-Richtlinie 6 26

Abbildung 26: Berechnung des Primärenergiebedarfs nach OIB-Richtlinie 6 unter der Annahme eines installierten Biomasseheizsystems, erstellt für die Sanierung eines Gebäudes der „Kollwitzstraße“ 27

Abbildung 27: Berechnung der CO_2-Emissionen nach OIB-Richtlinie 6 unter der Annahme eines installierten Biomasseheizsystems, erstellt für die Sanierung eines Gebäudes der „Kollwitzstraße“.....27

Abbildung 28: Berechnung des Gesamtenergieeffizienzfaktors f_{GEE} nach OIB-Richtlinie 6, erstellt für die „Kollwitzstraße“ 28

Abbildung 29: Berechnung des U-Wertes nach OIB (Berechnungsblatt). Die Werte für R_{si} kennzeichnen den Wärmeübergangswiderstand von der Innenraumluft zur Bauteiloberfläche, jene für R_{se} kennzeichnen den Wärmeübergangswiderstand von der Bauteiloberfläche zur Außenluft. Dies ist je nach Orientierung des Bauteils unterschiedlich.....30

Abbildung 30: U-Wert-Berechnung nach OIB-Richtlinie 6 für die Außenwand im unsanierten Zustand: 1,32 W/m^{2}K 31

Abbildung 31: U-Wert-Berechnung nach PHPP für die Außenwand im unsanierten Zustand. In die Tabelle werden die einzelnen Konstruktionsschichten mit ihrem Lambda-Wert und der jeweiligen Materialdicke eingetragen. In Verbindung mit den Wärmeübergangswiderständen innen und außen ergibt sich ein U-Wert von 1,32 W/m^{2}K 32

Abbildung 32: U-Wert-Berechnung nach OIB-Richtlinie 6 mit dem Konstruktionsaufbau nach Sanierung: 20 cm Wärmedämmung mit optimierter Wärmeleitfähigkeit sorgen in Verbindung mit der bestehenden Wandkonstruktion für einen Kennwert von 0,15 W/m^{2}K (Anmerkung zum Aufbau: In Österreich wird der Außenputz nur abgeschlagen, wenn er feucht oder stark beschädigt ist) 33

Abbildung 33: U-Wert-Berechnung nach PHPP mit dem Konstruktionsaufbau nach Sanierung: 20 cm Wärmedämmung mit optimierter Wärmeleitfähigkeit sorgen in Verbindung mit der bestehenden Wandkonstruktion für einen Kennwert von 0,15 W/m^{2}K.....33

Abbildung 34: Abbruch der Fensterbrüstungen auf der Südseite, um in diesem Bereich die Vorbauten anzufügen. Die Außenwand wurde über Stahlträger auf Raumbreite abgefangen 34

Abbildung 35: Baustellenfoto nach Errichtung des Rohbaus für die Vorbauten 34

Abbildung 36: U-Wert-Berechnung nach OIB-Richtlinie 6 für die neue Außenwand des Dachgeschoßes mit dem Ergebnis von 0,12 W/m^{2}K (Unterschiede zum PHPP bei den Lambda-Werten ergeben sich dadurch, dass diese im hier verwendeten Energieausweisprogramm vorgegeben sind).....35

Abbildung 37: U-Wert-Berechnung nach PHPP mit Aufbau der Holzrahmenkonstruktion der Außenwand im Dachgeschoß; der Anteil an Konstruktionshölzern in der Fassade wurde durch schlanke Profile relativ gering gehalten 35

Abbildung 38: Das Baustellenfoto zeigt den errichteten Dachgeschoßaufbau ohne den kompletten Fassadenaufbau 36

Abbildung 39: Verkleidung mit Vorhangfassade 36

Abbildung 40: Anbringen einer Alu-Wellplatte.....36

Abbildung 41: Dieses Detail zeigt den Übergang des neuen Daches in die neu errichtete Wand der Nordfassade. Auch der Übergang vom Bestand in die Aufstockung wird unterhalb des Fensters gezeigt 37

Abbildung 42: Dachboden vor der Sanierung 37

Abbildung 43: Berechnung der Bestandssituation für die Decke des Obersten Geschoßes nach OIB-Richtlinie 6. Der U-Wert beträgt 1,20 W/m^{2}K 38

Abbildung 44: Berechnung der Bestandssituation für die Decke des Obersten Geschoßes nach PHPP. Der U-Wert beträgt 1,20 W/m^{2}K 38

Abbildung 45: U-Wert-Berechnung nach OIB-Richtlinie 6 mit Konstruktionsaufbau der Dachkonstruktion in Holztafelbauweise mit dem Ergebnis von 0,11 W/m^{2}K (Unterschiede zum PHPP bei den Lambda-Werten – und damit auch beim U-Wert – ergeben sich dadurch, dass diese im hier verwendeten Energieausweisprogramm vorgegeben sind) 39

Abbildung 46: U-Wert-Berechnung nach PHPP mit Konstruktionsaufbau der Dachkonstruktion in Holztafelbauweise mit dem Ergebnis von 0,10 W/m^{2}K....39

Abbildung 47: Detailschnitt zur Aufstockung: Sowohl die vorgefertigte Passivhaus-Konstruktion des Daches ist zu erkennen als auch der Aufbau der Dachterrasse als Warmdach....40

Abbildung 48: U-Wert-Berechnung der Kellerdecke im Bestand nach OIB-Richtlinie 6....41

Abbildung 49: U-Wert-Berechnung der Kellerdecke im Bestand nach PHPP....41

Abbildung 50: Berechnung der Sanierungsvariante für die Dämmung der Kellerdecke nach OIB-Richtlinie 6: Unterhalb der Kellerdecke werden 12 cm Dämmung aufgebracht, oberhalb als Estrichdämmung 4 cm (Unterschiede zum PHPP bei den Lambda-Werten ergeben sich dadurch, dass diese im hier verwendeten Energieausweisprogramm vorgegeben sind) 42

Abbildung 51: Berechnung der Sanierungsvariante für die Dämmung der Kellerdecke nach PHPP: Unterhalb der Kellerdecke werden 12 cm Dämmung aufgebracht, oberhalb als Trittschalldämmung 4 cm 42

Abbildung 52: Detailbereich der Kellersituation im Bereich der Eingänge....43

Abbildung 53: Küchenfenster vor der Sanierung....44

Abbildung 54: Daten transparenter Bauteile nach OIB-Richtlinie 6 (Auszug aus dem Energieausweis)....45

Abbildung 55: Grundriss von zwei Dreizimmerwohnungen in der „Kollwitzstraße“ nach der Sanierung....52

Abbildung 56: Grundriss einer Zwei- und einer Vierzimmerwohnung in der „Kollwitzstraße“ nach der Sanierung 53

Abbildung 57: Grundriss nach der Sanierung mit einer Zwei- und einer Vierzimmerwohnung 57

Abbildung 58: Der Stromverbrauch für die Lüftung in einem Passivhaus sollte unter 0,45 Wh pro m^3 ausgetauschter Luft liegen. Der Stromverbrauch in der „Kollwitzstraße“ für die Lüftungsgeräte wurde gemessen und mit dem Luftvolumen verglichen. Dabei wurde festgestellt, dass der Stromverbrauch für die Lüftungsgeräte im Zielbereich liegt. Zudem ist

erkennbar, dass die Verbrauchswerte nach den Filterwechseln günstiger liegen und dass die Einstellung der Anlage ab November 2010 optimiert wurde. 58

Abbildung 59: Die spezifischen Kennwerte für den Heizungsstromverbrauch (für Heizzentrale, Regelung, Pumpen, Zirkulation Warmwasser) liegen bei gut 0,6 kWh/m^{2}a. Der höhere Anteil davon fällt auf den Warmwasserbereich, der auch im Sommer durchläuft 60

Abbildung 60: Blower-Door-Test.....61

Abbildung 61: Heizwärmeverbrauch pro Monat im Vergleich zu den berechneten Werten nach PHPP – in der Gesamtsumme über das Jahr sind die Werte nahezu identisch 63

Abbildung 62: Heizenergieverbrauch „Kollwitzstraße“ 1–17 im Vergleich zum Bestand.....64

12. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Daten der energetischen Berechnung „Kollwitzstraße“ 1–17 für die erfolgte Sanierung, Berechnung nach PHPP.....26

Tabelle 2: Daten der energetischen Berechnung „Kollwitzstraße“ 1–17 für den Bestand und die erfolgte Sanierung, Berechnung nach OIB-Richtlinie 6 26

Tabelle 3: Darstellung der Unterschiede in den Berechnungsmethoden von PHPP und OIB-Richtlinie 6 (Auszug aus: Ruepp, D., 2013) http://www.energieinstitut.at/HP/Upload/Dateien/Vergleich_Rechenverfahren_OIB_RL_6_-_PHPP.pdf 29

Tabelle 4: Zuluft- und Abluftvolumenstrom nach ÖNORM H6038. 54

Tabelle 5: Luftvolumenströme nach Raumart 55

Tabelle 6: Maßnahmen zur Anhebung der Raumluftfeuchte (Quelle: ÖNORM H6038 Entwurf 2013).....55

Tabelle 7: Abminderungsfaktoren gem. ÖNORM H6038 57

Impressum

Herausgeber und für den Inhalt verantwortlich:

GrAT – **Gr**uppe **A**ngepasste **T**echnologie
Technische Universität Wien
Wiedner Hauptstraße 8-10
1040 Wien
Austria

T: ++43 1 58801-49523
F: ++43 1 58801-49533
E-Mail: contact(at)grat.at
http://www.grat.at

Projektleiterin und Ansprechperson:
Dr. Katharina Zwiauer
E-Mail: katharina.zwiauer(at)grat.at

Autor: Dr. Burkhard Schulze Darup

Fachdidaktik: Dr. Katharina Zwiauer

Unter Mitwirkung von: DI (FH) Joachim Mathä, DI Dr. Christoph Strasser, Magdalena Burghardt MA, DI (FH) Sören Eikemeier, DI Karin Reisinger

Fachliche Beratung: DI Johannes Fechner

Lektorat, mediendidaktisches Design und technische Umsetzung: Magdalena Burghardt MA

Finanziert durch:

Nutzungsbedingungen:

Alle Inhalte sind unter folgender Creative-Commons-Lizenz lizensiert:

e-genius steht unter einer
Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Austria Lizenz.

Das bedeutet:

Sie dürfen

- *das Werk bzw. den Inhalt vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen,*
- *Abwandlungen und Bearbeitungen des Werkes bzw. Inhaltes anfertigen.*

Zu den folgenden Bedingungen:

- ***Namensnennung** — Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen.*
- ***Keine kommerzielle Nutzung** — Dieses Werk bzw. dieser Inhalt darf nicht für kommerzielle Zwecke verwendet werden.*
- ***Weitergabe unter gleichen Bedingungen** — Wenn Sie das lizenzierte Werk bzw. den lizenzierten Inhalt bearbeiten oder in anderer Weise erkennbar als Grundlage für eigenes Schaffen verwenden, dürfen Sie die daraufhin neu entstandenen Werke bzw. Inhalte nur unter Verwendung von Lizenzbedingungen weitergeben, die mit denen dieses Lizenzvertrages identisch oder vergleichbar sind.*

Hinweise zur Namensnennung/Zitierweise:

Texte: AutorInnen des Moduls, Titel des Moduls. Hrsg.: GrAT, www.e-genius.at

Bilder: Nennung der Rechteinhaberin/des Rechteinhabers und www.e-genius.at

Haftungsausschluss:

Sämtliche Inhalte auf der Plattform e-genius wurden sorgfältig geprüft. Dennoch kann keine Garantie für die Richtigkeit, Vollständigkeit, Aktualität und Verfügbarkeit der Inhalte übernommen werden. Der Herausgeber übernimmt keinerlei Haftung für Schäden und Nachteile, die allenfalls aus der Nutzung oder Verwertung der Inhalte entstehen. Die Zurverfügungstellung der Inhalte auf e-genius ersetzt keine fachkundige Beratung, die Abrufbarkeit der Inhalte ist kein Anbot zur Begründung eines Beratungsverhältnisses.

e-genius enthält Links zu Webseiten Dritter. Das Setzen von Links ist ein Verweis auf Darstellungen und (auch andere) Meinungen, bedeutet aber nicht, dass den dortigen Inhalten zugestimmt wird. Der Herausgeber von e-genius übernimmt keinerlei Haftung für Webseiten, auf die durch einen Link verwiesen wird. Das gilt sowohl für deren Verfügbarkeit als auch für die dort abrufbaren Inhalte. Nach Kenntnisstand der BetreiberInnen enthalten die verlinkten Seiten keine rechtswidrigen Inhalte, sollten solche bekannt werden, wird in Erfüllung rechtlicher Verpflichtungen der elektronische Verweis umgehend entfernt.

Inhalte Dritter sind als solche gekennzeichnet. Sollten Sie trotzdem auf eine Urheberrechtsverletzung aufmerksam werden, bitten wir um einen entsprechenden Hinweis. Bei Bekanntwerden von Rechtsverletzungen werden wir derartige Inhalte umgehend entfernen bzw. korrigieren.

Link zur Lernplattform: http://www.e-genius.at